

Juha Keränen

# Täyskorjausten kehittäminen HKL:n Vallilan raitiovaunukorjaamoilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

3.5.2018

|   |  |
|---|--|
| Tekijä(t)<br>Otsikko<br>Sivumäärä<br>Aika   | Juha Keränen<br>Täyskorjausten kehittäminen HKL:n Vallilan raitiovaunukorjaamolla<br>59 sivua + 2 liitettä<br>3.5.2018 |
| Tutkinto  | Insinööri (AMK)  |
| Koulutusohjelma   | Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma   |
| Suuntautumisvaihtoehto  | Tuotantotekniikka  |
| Ohjaaja(t)  | Suunnitteluinsinööri Toni Kervinen<br>Tutkintovastaava Pertti Ylhäinen   |
| <p>Tämä opinnäytetyö on toteutettu yhdessä HKL Kunnossapidon kanssa marraskuusta 2017 toukokuuhun 2018.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan täyskorjattavien nivelraitiovaunujen täyskorjausprosessia ja prosessien tämänhetkisiä ongelmakohtia ja esitetään niihin ratkaisuja. Ymmärtämällä täyskorjauksen vaiheet ja niiden mahdolliset kehittymismahdollisuudet voidaan täyskorjauksia kehittää tehtäväksi ilman suurempaa joutokäyntiä. Tarkoituksena on tuoda tehokkuutta täyskorjauksiin ja tätä kautta parantaa itse prosessia.</p> <p>Täyskorjausprosessi esitellään osastoittain, käyden aina osaston kokonaisuus läpi. Täyskorjausprosessissa tutkittiin raitiovaunun purkamista, vaihto-osien korjaamista ja täyskorjatun raitiovaunun kokoamista.</p> <p>Tietoja on hankittu tätä työtä varten haastattelemalla HKL Kunnossapidon henkilöstöä, erityisesti osastojen mestareita ja työntekijöitä, sekä toteuttamalla haastattelu teliosaston työntekijöille.</p> <p>Matalalattiaisten Nivelraitiovaunujen täyskorjaushuoltojen avainongelma on tämän työn valossa se, että täyskorjaukset ajoittuvat kausittaisesti. Toisena ongelmana näkyy vanhentunut kiinteistö, jota ei ole suunniteltu nykyisten raitiovaunujen massoille.</p> <p>Nivelraitiovaunujen täyskorjaukset jatkuvat Vallilan varikolla ja täyskorjauksia kehitetään jatkuvasti sujuvampaan suuntaan. Tämä työ on osa kehittyvää kokonaisuutta.</p> |  |
| Avainsanat  | raitiovaunu, teli, joukkoliikenne  |

|  |   |
|--|---|
| Author(s)<br>Title   | Juha Keränen<br>Development of full repairs in HCT Vallila tram depot |
| Number of Pages<br>Date  | 59 pages + 2 appendices<br>3 May 2018                                 |
| Degree   | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programme   | Automotive and Transport Engineering                                  |
| Specialisation option  | Product development   |
| Instructor(s)  | Toni Kervinen, Design engineer<br>Pertti Ylhäinen, Senior Lecturer    |
| <p>This thesis is made in co-operation with Helsinki City Transport (HCT) in between November 2017 and May 2018.</p> <p>This thesis has a walk-through of a full repair of a modernized articulated tram. Full repair process is presented in sections. Problems on the process and suggested improvements are presented respectively. By understanding the phases and the potential to development in the full repair process the process can be developed to function without idling</p> <p>Full service process is presented in departments walking through every section. Presentation is a walk-through of full service in each department beginning with disassembly and finishing in assembling.</p> <p>The data for this thesis has been gathered by interviewing the staff in HCT Tram Service Department, especially masters and workers in departments.</p> <p>The key problem with full services to modernized articulated trams appears to be in the seasonal nature. The other key problem would be the aged premises, which were designed for different trams and masses.</p> <p>The full service process of the modernized articulated trams is a continuously improving process in Vallila tram depot. This thesis is one step in developing process.</p> |   |
| Keywords   | tram, bogie   |

## Sisällys

### Lyhenteet

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Johdanto                                     | 1  |
| 2     | Helsingin kaupungin liikennelaitos           | 3  |
| 2.1   | HKL:n organisaatio                           | 3  |
| 2.2   | Liikennöinti                                 | 4  |
| 2.3   | HKL:n raitioliikenteen varikot               | 5  |
| 2.4   | Raitiovaunujen kolarikorjaus                 | 5  |
| 2.5   | Winbus-järjestelmä                           | 6  |
| 3     | Raitiovaunut                                 | 7  |
| 3.1   | HKL liikelaitoksen raitiovaunukalusto        | 7  |
| 3.1.1 | MLNRV I (113 - 122) ja II (71 - 112)         | 7  |
| 3.1.2 | Variotram (201 - 240)                        | 8  |
| 3.1.3 | Artic (401 - 440 ja 441 - 460)               | 9  |
| 3.2   | Teli   | 10 |
| 3.2.1 | Moottoriteli                                 | 11 |
| 3.2.2 | Juoksutelit                                  | 11 |
| 4     | Matalalattiainen nivelraitiovaunu            | 12 |
| 4.1   | MLNRV-kaluston kuvaus                        | 12 |
| 4.2   | Käyttöolosuhteet                             | 13 |
| 4.3   | Ruostevaurioiden esiintyminen MLNRV vaunussa | 13 |
| 4.4   | Mekaanisen rasituksen vaikutukset            | 14 |
| 5     | Täyskorjaus                                  | 15 |
| 5.1   | Täyskorjausprosessi                          | 16 |
| 5.2   | Täyskorjaus koriosastolla                    | 17 |
| 5.2.1 | Oikaisuraide                                 | 17 |
| 5.2.2 | Alusta- ja kattotyöt                         | 18 |
| 5.2.3 | Maalaus                                      | 20 |
| 5.2.4 | Kokoonpano                                   | 21 |
| 5.3   | Telien täyskorjaus                           | 22 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.3.1 | Siirto   | 22 |
| 5.3.2 | Purkaminen   | 23 |
| 5.3.3 | Sorvaaminen  | 24 |
| 5.3.4 | Yhteenveto telin täyskorjauksesta                                    | 25 |
| 5.4   | Täyskorjaus sähköosastolla   | 26 |
| 5.4.1 | Laitteiden täyskorjaus   | 27 |
| 5.4.2 | Ajokytkin, pääkytkin ja verkkodiodi                                  | 28 |
| 5.4.3 | Ajomoottorien täyskorjaus  | 28 |
| 5.5   | Käyttöönotto ja katsastus  | 30 |
| 5.6   | Winbus täyskorjauksessa  | 30 |
| 5.7   | Täyskorjauksen yhteenveto  | 31 |
| 6     | Teliosaston työntekijöiden haastattelu                               | 31 |
| 6.1   | Metodologia  | 32 |
| 6.2   | Haastattelujen päämäärä  | 32 |
| 6.3   | Haastateltavien valikoituminen                                       | 32 |
| 6.4   | Numeraalisen haastattelun analysointi                                | 33 |
| 6.5   | Sanallisten tulosten kirjaaminen                                     | 33 |
| 7     | Täyskorjausprosessin haasteet  | 34 |
| 7.1   | Yleiset haasteet   | 34 |
| 7.2   | Korikorjaamon haasteet   | 35 |
| 7.3   | Telikorjaamon haasteet   | 37 |
| 7.4   | Winbus-järjestelmän haasteet   | 38 |
| 7.5   | Välivarastoinnin haasteet  | 38 |
| 8     | Täyskorjausten ongelmakohtien ratkaisumalleja                        | 39 |
| 8.1   | Kunnossapidossa ideoidut tehostamistoimenpiteet                      | 40 |
| 8.1.1 | Huoltovälin pidentäminen   | 40 |
| 8.1.2 | Töiden teettäminen ulkopuolella                                      | 41 |
| 8.1.3 | Ulkopuolisen työvoiman käyttö Vallilassa                             | 42 |
| 8.1.4 | Lattian rakenteiden vahvistaminen                                    | 42 |
| 8.2   | Rakennusten ja kiskotusten muuttaminen Vallilan raitiovaunuvarikolla | 43 |
| 8.2.1 | Kiskotuksen uusiminen  | 44 |
| 8.2.2 | Asennuskaivanto koriosastolle  | 44 |
| 8.3   | Valmiiksi saadut muutokset   | 44 |
| 8.3.1 | Hiekkapuhalluskopin uudistaminen                                     | 44 |
| 8.3.2 | Hydrauliikkaosaston modernisointi                                    | 46 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 8.3.3 | Varaston siistiminen                                | 47 |
| 8.4   | Työntekijöiden kanssa yhdessä ideoidut muutokset    | 47 |
| 8.4.1 | Vaihto-osatyöpuisteiden modernisointi               | 48 |
| 8.4.2 | Selkeät korjausohjeet sähköosastolle                | 49 |
| 8.4.3 | Säädettävät nosturit telien kokoonpanoon            | 49 |
| 8.4.4 | Tarpeelliset ajoluvat ja –pätevyydet asentajille    | 49 |
| 8.5   | Muita kehitysideoita                                | 50 |
| 8.5.1 | Työn rytmittäminen                                  | 50 |
| 8.5.2 | Winbus-järjestelmän kirjautuminen                   | 51 |
| 8.5.3 | Nosturien käyttökoulutus erityisesti koriosastolle  | 51 |
| 8.5.4 | Varastojen inventointi ja varastoinnin tehostaminen | 51 |
| 9     | Yhteenveto  | 53 |
|       | Lähteet   | 55 |
|       | Liite 1, Haastattelu teliosaston työntekijöille     | 1  |
|       | Liite 2, Raitioliikenteen linjakartta               | 1  |

## Lyhenteet ja selite

|           |  |
|-----------|--|
| HKL       | Helsingin Kaupungin Liikennelaitos liikelaitos |
| HSL       | Helsingin seudun liikenne                      |
| NRV       | Nivelraitiovaunu                               |
| MLNRV     | Matalalattiainen nivelraitiovaunu              |
| MLNRV III | Matalalattiainen raitiovaunu, Artic            |
| MLRV      | Matalalattiainen raitiovaunu, Variotram        |
| TK        | Täyskorjaus                                    |

## 1 Johdanto

Raitiovaunu on melko tyypillinen näky suuremmissa eurooppalaisissa kaupungeissa, vaikka 1900-luvulla muun julkisen liikenteen kehittyminen vaikutti raitioliikenteen osuuteen julkisesta liikenteestä. Kaupunkiliikenteessä raitioliikenne mielletään kuitenkin ympäristöystävällisemmäksi vaihtoehdoksi bussiliikenteelle. Öljyn hinnan nouseminen ja kasvanut ympäristötietoisuus ovat palauttaneet kiinnostusta raitioliikennettä kohtaan.

Suomessa on tällä hetkellä vain yksi toimiva raitiotiejärjestelmä, kun toisen maailmansodan yhteydessä Viipuri jäi rajan taakse ja vuonna 1972 Turku lopetti raitioliikenteensä. Uutena raitiovaunukaupunkina Suomen kartalle on nousemassa Tampere, mutta myös Turun, Vantaan, ja Espoon on uutisoitu harkitsevan raitioliikenteen aloittamista.

Helsingin katujen pintaan on vedetty raitiovaunukiskoja jo 1800-luvun lopulla ja sähkökäyttöiset raitiovaunut alkoivat kuljettaa asukkaita vuonna 1900 (1). Eri sukupolvien sähkökäyttöisiä linjaliikenteen raitiovaunuja on liikkunut Helsingin kaduilla nykyisten neljän nivelletyn raitiovaunutyyppin lisäksi kolmea muuta nivellettyä sekä kolmeatoista eri tyyppin yksiosaista raitiovaunua ja niiden perässä neljää erityyppistä perävaunua. Nykyisten linjaliikenteen raitiovaunujen lisäksi Helsingin raitioteillä liikkuu erilaisia tilausajoraitiovaunuja ja työraitiovaunuja. (2)

Tämä insinööri työ käsittelee matalalattiaisten nivelraitiovaunujen (MLNRV) täyskorjauksia Helsingin kaupungin liikennelaitoksen kunnossapidon Vallilan varikolla. Nivelraitiovaunut ovat olleet Helsingin raitioliikenteen selkäranka 1980-luvulta asti. Ne muodostavat edelleen lukumääräisesti suurimman osan raitiovaunukalustosta, vaikka lukumääräsuhteet ovat muuttumassa Artic-vaunujen eduksi. (2)

Vuosi 2018 on HKL raitioliikenteelle haasteellinen. MLNRV I- ja II-vaunuja tulee kilometrirajojen täytyessä täyskorjauksiin tavanomaisen neljän sijasta 18 kappaletta (3). Sen lisäksi raitioliikenne luopuu ongelmallisiksi osoittautuneista 39 Variotram-vaunusta ja niitä huoltava Bombardier poistuu Vallilan ja Koskelan varikoilta. (4)

HKL on hankkinut Artic-vaunuja täyttämään HKL:n omaa (5) sekä HSL:n vaatimusta esteettömyydestä (6) ja modernisoidakseen kalustoa. Vaunutyyppin sisään ajaminen ei kuitenkaan ole sujunut täysin ongelmitta, vaan sarjatuotantovaunuja on kolaroitu runsaasti.



Artic-vaunujen kolareita on jouduttu korjaamaan laskennallisesti yli 50 h/vaunua, kun keskimääräinen linjavaunun kolarikorjausmäärä on ollut alle 40 h/vaunu. Tämä osin siksi, että vaunutyyppi on uusi ja rakenteeltaan erilainen kuin vanhat nivelvaunut. Alkuvuodesta 2017 niillä myös ajettiin kolareita yli niiden suhteellisen osuuden. (7)

Nivelraitiovaunut ovat vanhentuvaa kalustoa. Ne on suunniteltu ja rakennettu 1970- ja 1980-luvuilla vastaamaan silloisia tarpeita (2). Tilaamisen jälkeen raitiovaunut ovat olleet jatkuvan modernisoinnin kohteena, jotta niillä voidaan liikennöidä turvallisesti ja ajanmukaisesti.

Vaunuja huolletaan jatkuvasti ja nykymuotoisena huoltotoiminta jakautuu ennakoivaan huoltotoimintaan ja korjaavaan kunnossapitoon. Huollot on pyritty optimoimaan niin, että vaunuja ei huolleta yli, mutta kuitenkin riittävästi, että niiden luotettavuus säilyy (8). Täyskorjaukset ovat osa huoltotoimintaa.

Ensimmäiset täyskorjaukset II-sarjan nivelraitiovaunuille tehtiin vuonna 2003, jolloin niitä myös modernisoitiin tekniikan osalta. Täyskorjaamalla matalalattiaisia nivelraitiovaunuja ylläpidetään niiden käyttöikä. Vallilan varikolla tehtävät täyskorjaukset ovat luonnollinen jatke I-sarjan nivelraitiovaunujen alkuperäisen huoltosuunnitelman H8-huolloille, jotka oli suunniteltu tehtäviksi 160 000 km välein (9; 10; 11).

Tämän insinöörityön tarkoitus on kartoittaa nivelraitiovaunun täyskorjauksen ongelmia ja pullonkauloja HKL:n Vallilan varikolla ja erityisesti teliosastolla ja sähköosastolla. Tämän jälkeen löydettyihin ongelmakohtiin esitetään parannusehdotuksia. Tarkoituksena on muuttaa täyskorjauksia sujuvammiksi ja tarkoituksenmukaisemmiksi organisaation sisältä päin.

Täyskorjausten kehittäminen ei saa kuitenkaan tarkoittaa heikennyksiä kaluston laatuun, turvallisuuteen tai luotettavuuteen. Tavoitteena on saada varikon osastoista nykyaikaisesti toimivia yksiköjä, joissa korjataan raitiovaunuja tarkoituksenmukaisesti ilman merkittävää tuotannollista hukkaa.

Tämä opinnäytetyö käsittelee MLNRV-kaluston täyskorjauksia, joten tarkastelen tässä työssä vain varsinaisia raitiovaunuja. Raitiovaunu on kaupunkiliikenteeseen tarkoitettu, kaduille rakennetuilla kiskoilla sähkövoimalla liikkuva joukkoliikenneväline. Raitiovaunun kuljettaja ajaa raitiovaunua itsenäisesti. Näin se eroaa junista ja pikaraitiovaunuista.

HKL on määrittänyt MLNRV-kalustolle 500 000 kilometrin täyskorjausvälin (12). Täyskorjausväli perustuu asiantuntija-arvioihin ja kalustonhallintajärjestelmän tietokantaan. (8) Yhden vaunun täyskorjaus kestää 16 - 18 viikkoa ja maksaa 250 000 - 300 000 €. (3) Täyskorjaukset säästävät tarkoituksenmukaisesti sekä kuluja että luontoa, jos vaihtoehtoksi ajatellaan uusien vaunujen hankintaa.

MLNRV-kaluston täyskorjaukset on tehty aikaisemmin yhteistyössä Transtech Oy:n, Talgo Oy:n ja VIS GmbH:n kanssa (8). Nykymuotoiset täyskorjaukset tehdään pääosin HKL:n Vallilan raitiovaunuvarikolla. Varikon kiinteistö on vanhimmilta osiltaan satavuotias ja se asettaa rajoituksia työntekoon.

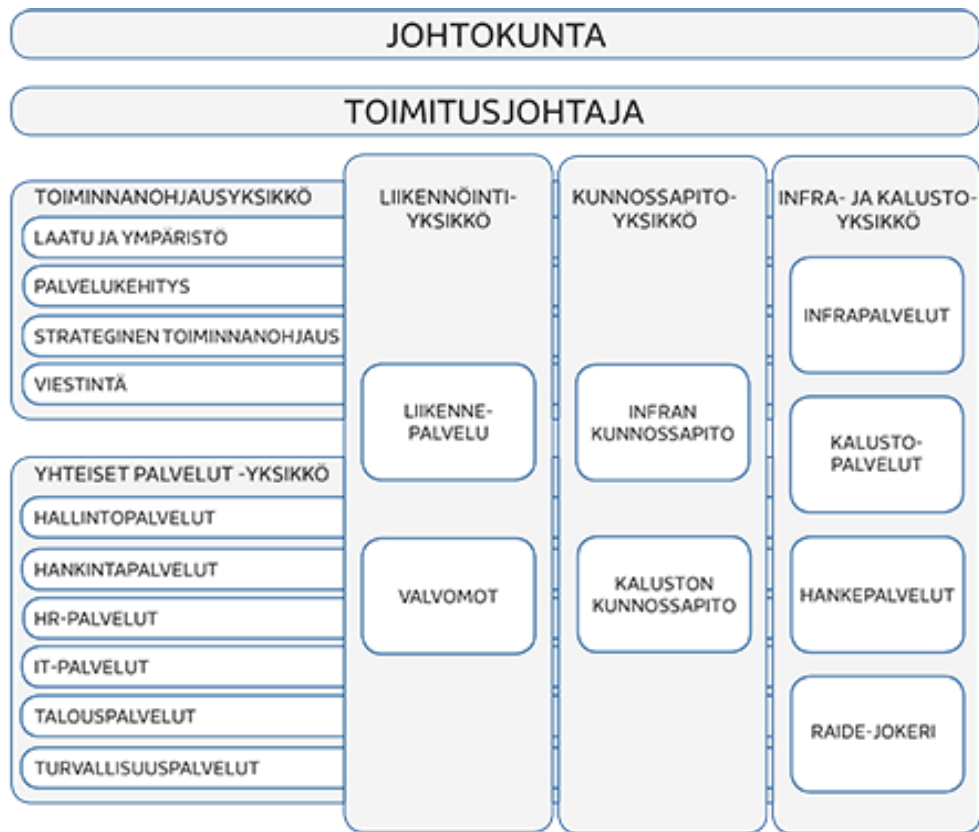
Raitiovaunujen täyskorjaus on osin raskasta työtä, jota tehdään hankalissa asennoissa ja suojavarusteita käyttäen. Silloin ”tunnissa on vain 45 minuuttia” (7). Työhön rakennetut elpymisajat ovat välttämättömiä työturvallisuuden ylläpitämisen kannalta (8).

## **2 Helsingin kaupungin liikennelaitos**

Tässä luvussa kuvailen HKL:n organisaatiota, sen harjoittamaa liikennöintiä ja raitiovaunuliikennöintiin liittyvää kolarikorjausta ja raitiovaunukorjaamoa. Esittelen lyhyesti myös Winbus-järjestelmän, jota HKL käyttää tuotannon ohjaamiseen.

### **2.1 HKL:n organisaatio**

HKL on Helsingin kunnallinen liikelaitos, joka jakautuu (kuva 1) vuoden 2016 organisaatiouudistuksen jäljiltä liikennöinti-, kunnossapito- ja infra- ja kalustoyksikköön ja niiden kanssa toimiviin toiminnanohjausyksikköön ja yhteiset palvelut –yksikköön (13) aikaisempien infrayksikön, hallinto- ja talousyksikön, metroliikenneyksikön ja raitioliikenneyksikön sijaan (8). Liikennöintiyksikkö tuottaa, ohjaa ja valvoo metro- ja raitioliikennettä. Kunnossapitoyksikkö huoltaa ja pitää kunnossa metron ja raitioliikenteen vaunukalustoa, sekä ratoja, pysäkkejä, kiinteistöjä ja asemia. Infra ja kalustoyksikkö liittyy omaisuuden investointeihin ja elinkaaren hallintaan. (13)



Kuva 1. HKL:n organisaatio (13)

HKL-liikelaitos tuottaa kaupungille liikenne-, kalusto- ja infrapalveluita. Liikelaitos omistaa Helsingin joukkoliikenneinfrastruktuurin (raitiotiet ja -pysäkit, sekä metroradat ja -asemat) ja vastaa sen kehittämisestä ja kunnossapidosta. Palveluita tuotetaan tilaajayhtiö HSL:n tilaamana Helsingin ja Espoon kaupungeille. HKL liikennöi raitio- ja metroliiikennettä sekä tytäryhtiö Suomenlinnan liikenteen (SLL) kautta Suomenlinnan lauttaliiikennettä. (13)

## 2.2 Liikennöinti

Vuoden 2017 lopussa HKL liikenteellä oli 131 raitiovaunua. Vaunukohtainen keskimääräinen ajomäärä vuoden 2016 aikana noin 40 000 km, johon se on palannut vuosien 2013 - 2015 tasosta (44 - 45 tuhatta kilometriä). Vuoden 2017 keskimääräisiä ajomääriä ei mainittu vuoden 2017 toimintakertomuksessa. Vuonna 2017 ajettiin 306 kolaria, joista 29 % ajettiin Artic-vaunuilla. (4; 14; 15; 16; 17; 18; 19)

Vaikka HKL raitioliikenteen linjakilometrit ovat nousseet maltillisesti vuoden 2010 - 2012 tason 5,4 miljoonasta vuosien 2013 - 2016 5,5 - 5,6 miljoonaan, paikkakilometrit ovat nousseet tasaisesti vuoden 2010 540,1 miljoonasta vuoden 2017 664,6 miljoonaan. Tässä näkyy käytännössä se, että HKL on tarjonnut jatkuvasti lisää matkustajakapasiteettia modernisoimalla kalustoaan ja luopumalla pienemmän kapasiteetin korkealattiaisesta kalustosta. (4; 14; 15; 16; 17; 18; 19)

### 2.3 HKL:n raitioliikenteen varikot

HKL operoi matkustajaliikennettä Koskelan ja Töölön säilytysvarikoiden kautta. Varikoilla on raitiovaunujen säilytys, päivittäishuolto sekä osa korjaustoiminnasta. Vallilan varikolla suoritetaan raitiovaunujen täyskorjaukset ja säilytetään raitioliikenteen ylläpitoon tarkoitettuja työvaunuja. (8)

Vallilan raitiovaunukorjaamo on jaettu koriosastoon, sähköosastoon ja teliosastoon. Osastot työllistävät yhteensä 51 henkilöä mukaan lukien siivoojat ja työkaluvaraston hoitajan (20). Kukin osasto on osaltaan ja yhteistyössä mukana raitiovaunujen täyskorjauksissa ja muussa kunnossapitotyössä. Koriosasto vastaa myös isolta osin kolarikorjauksista.

### 2.4 Raitiovaunujen kolarikorjaus

Raitiovaunujen pienempiä kolarivaurioita korjataan linjaliikenteen säilytysvarikoilla Töölössä ja Koskelassa. Vaunut korjataan Vallilan varikolla, kun vauriot edellyttävät osavaihtoja suurempia korjauksia. Artic-vaunujen kolarikorjaukset ovat kuormittaneet koriosastoa runsaammin vuonna 2017. (7) Esimerkiksi Artic-vaunussa lasien vaihtaminen (kuva 2) vie selkeästi enemmän aikaa kuin Variotram-vaunussa.



Kuva 2. Kolarissa vaurioituneen Artic-vaunun rikkoutunut lasipaneeli.

## 2.5 Winbus-järjestelmä

HKL käyttää tuotannon ohjauksessa Winbus-tuotannonohjausjärjestelmää raitiovaunujen huollon tuotannon ohjaamiseen. Tässä järjestelmässä liikkuu useantyyppistä tietoa. Järjestelmän kautta valvotaan osien kulumista niiden käytön monitoroinnin kautta. (8)

Useat laitteet ja joissakin tapauksissa niiden osat yksilöidään Winbus-järjestelmässä sarjanumerolla. Järjestelmässä on myös tieto siitä, mikä sarjanumeroitu osa on missäkin laitteessa ja mikä laite on missäkin vaunussa. Järjestelmään voidaan lisätä ja sieltä voidaan poistaa osia. Osia voidaan myös liittää kokonaisuuksiksi ja kokonaisuuksia purkaa osiksi. Toimenpiteiden yhteydessä järjestelmään on mahdollista kirjata, mitä vikoja tai huomautettavaa vaunussa tai laitteessa on havaittu laitteen vaihdon yhteydessä.

### 3 Raitiovaunut

Raitiovaunun ulkopuolelle näkyvä osa on kori, joka on erillisen rungon päällä. Kiskopyörät on liitetty runkoon teleillä. Raitiovaunu saa käyttövoimansa ilmassa roikkuvien ajojoh-  
timien kautta, ja se toimii sähkövoimalla.

#### 3.1 HKL liikelaitoksen raitiovaunukalusto

Vuoden 2017 lopussa HKL liikenteen raitiovaunukalusto oli 131 raitiovaunua. Vaunuista 52 oli MLNRV-vaunuja. Loppuosa kalustosta koostuu 39:stä Variotram-vaunusta ja 40 Artic-vaunusta. (21) Artic-vaunuja on tilattu 20 vaunun lisätilaus, joka toimitetaan vuosina 2018 - 2019, jolloin Artic-kaluston määräksi tulee yhteensä 60 raitiovaunua. Raide-Joke-  
rille on tilattu 29 pidempää kahdella ohjaamolla varustettua Artic-vaunua. (4; 19)

##### 3.1.1 MLNRV I (113 - 122) ja II (71 - 112)

MLNRV -vaunut ovat NRV-vaunuja, jotka on modernisoitu MLNRV-vaunuiksi lisäämällä A- ja B-vaunun väliin VIS:n rakentama väliosa, jonka lattia on pysäkin tasalla, sekä toinen juoksuteli. I-sarjasta 10 vaunua (vaunut 34, 37, 38, 49, 50, 60 - 63 ja 68) ja koko II-sarja on modernisoitu MLNRV -vaunuiksi. Tässä yhteydessä NRV I -vaunut numeroitiin uudelleen numeroille 113 - 122 (kuvassa vaunu 117). (22; 23)





Kuva 3. Mainosteipattu MLNRV I -vaunu 117 maalauspilttuun (R19) edessä Vallilan varikolla

### 3.1.2 Variotram (201 - 240)

Variotram-vaunut ovat ABB Daimler-Benz Transportationin ja DaimlerChrysler Rail Systemsin (Adtranz) valmistamia kolmitelisiä matalalattiaisia moninivelisiä matkustajaliikenteen raitiovaunuja. Vaunuja valmistettiin 1998 - 2004 40 kappaleen erä. (24) Yksi vaunusta menetettiin 2.4.2014 Niistä ollaan luopumassa vuoden 2018 loppuun mennessä. Vaunun rakenne ei ole osoittautunut kestäväksi Helsingin raitioverkossa. (4) Vaunuja ylläpitää niiden käytön loppuun asti Bombardier Transportation, joka osti Adtranz-toiminnot DaimlerChrysleriltä 2001 (25).



Kuva 4. Variotram-raitiovaunu 232 kuvattuna kolarikorjauksen yhteydessä Vallilan hallipihalla

### 3.1.3 Artic (401 - 440 ja 441 - 460)

Artic-vaunujen hankinnasta päätettiin vuonna 2007. Ensimmäinen sopimuksen mukainen vaunu saatiin Helsinkiin vuonna 2011. Hanke on kilpailutettu HKL:n konseptisuunnitelmalla. (8)

Artic-vaunut ovat Transtechin valmistamia nelitelisiä matalalattiaisia nivellettyjä matkustajaliikenteen raitiovaunuja. Vaunuja tilattiin yhteensä 40, jotka on sovittu toimitettavaksi HKL:lle 2016-2018. (26)

40 vaunun tilaus on toimitettu HKL:lle vuoden 2017 loppuun mennessä (4). Viimeisimmän tiedon mukaan vaunuja on toimitettu 45 (8). Vaunuja on tilattu 20 kappaleen lisäerä, jonka pitäisi valmistua vuoden 2018 loppuun mennessä (19). Vaunuja ylläpitää niiden takuuajan loppuun asti Transtech ja sen jälkeen HKL kunnossapito.





Kuva 5. RV401, esisarjan Artic-vaunu ilman Skodan logoa Vallilassa

### 3.2 Teli

Raitiovaunussa teli on korin alle rakennettu erillinen kokonaisuus, johon vaunun akselit ja pyörät sekä erilaiset apulaitteet on kiinnitetty. Teli on kiinnitetty vaunun runkoon. MLNRV-kalustossa telit on kiinnitetty runkoon kääntörenkailla niin, että ne pääsevät muuttamaan suuntaa erillään rungosta, ja kaikissa teleissä on sähköiset kiskojarut.

### 3.2.1 Moottoriteli

MLNRV-vaunun moottoriteli (kuvassa 6) koostuu yksiköstä, joka sisältää ajomoottorin ja siihen alennusvaihteella liitetyt akselit sekä telirungosta, jossa sijaitsee telin apulaitteet ja jarrut. A-teli eroaa B-telistä vaihteenkääntömagneetin osalta. (27)



Kuva 6. Täyskorjattu moottoriteli (B), jossa päällimmäisenä näkyvissä ajomoottorin puhaltimen liitäntä ja kääntörengas sekä kääntörengaan alapuolinen palkki. Kuvassa näkyvillä myös jousi ja iskunvaimennin sekä jarruyksikkö.

### 3.2.2 Juoksutelit

MLNRV-vaunun juoksutelit eroavat toisistaan voimakkaasti. Etummainen juoksuteli on NRV-vaunun juoksuteli, jossa on nopeusanturi. Taaempi levyjarrullinen juoksuteli on matalalattiaisen väliosan yhteydessä lisätty ja teli on yleisesti modernimpi. Akselit kiinnittyvät molemmissa teleissä joustetusti telirunkoon.

## 4 Matalalattiainen nivelraitiovaunu

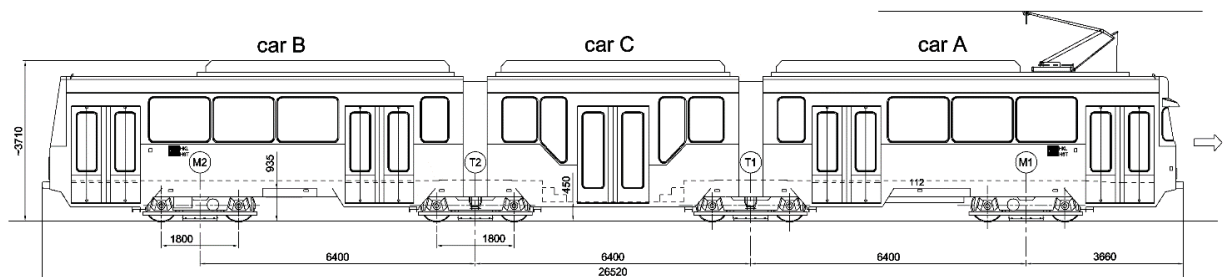
Tässä luvussa matalalattiainen nivelraitiovaunu esitellään tarkemmin. Luvussa kuvataan vaunun käyttöolosuhteita sekä sitä, miten ne vaikuttavat vaunun kulumiseen. Tarkoituksena on antaa lukijalle kuva siitä, mihin MLNRV-kaluston TK-huoltoja tarvitaan.

### 4.1 MLNRV-kaluston kuvaus

Matalalattiainen nivelraitiovaunu (MLNRV) on kolmiosainen (kuva 7, oikealta car A, C ja B) raitiovaunu. Siinä on kaksi niveltä (juoksuteliä, kuvassa T1 ja T2 kohdilla) ja kaksi ajomootoria (kuvan teleissä M1 [A-teli] ja M2 [B-teli]) ja sen ajovirran ohjaus on toteutettu tyristoriteknikalla, joka mahdollistaa ankkurivirran säädön portaattomasti (8). Siinä on telien (kuvassa M1, M2, T1, T2) päällä runko, jonka päällä ja ympärillä on metallinen kori.

Nivelosista runko on nivelletty kaksilla kääntörenkailla ja varsinaisella nivelosalla, joka on juoksutelin päällä. Ajovirran vaunu ottaa ajojohtimesta virroittimen avulla, joka on A-vaunun etuosan katolla, M1 telin yläpuolella. MLNRV-vaunuissa ei ole omaa matkamittaria, vaan liikennöitsijä mittaa kilometrikertymän linjatietojen perusteella Winbus-järjestelmässä. Raitiovaunussa on oviaukot vain toisella sivulla, toinen kylki mukailee oviseinän ikkunalinjaa.

Alkuperäiset vaunut olivat ilmestyessään aikaansa edellä tyristoriteknikan takia. Nivelraitiovaunut ovat osin matalalattiaisia ja niissä on peltinen korirakenne. Niissä on vähemmän tietotekniikkaa kuin valtaosassa uudemmista vaunuista.



Kuva 7. MLNRV kaaviokuva, kulkusuunta oikealle nuolen mukaan. Kuvan vaunun keulassa tavanomaista matalampi tuulilasi. Korin lattialinja kulkee katkoviivan mukaan.

## 4.2 Käyttöolosuhteet

Matalalattiainen nivelraitiovaunu on tarkoitettu matkustajaliikenteeseen, ja se on rakennettu ja modernisoitu Helsinkiä varten. Vaunulla ajetaan Helsingin raitioverkostossa, joka on mutkainen ja mäkinen. Helsingissä raitiovaunuilla ajetaan kaikenlaisissa keliolosuhteissa. Osa vuodesta ajetaan suolattujen teiden varsilla ja pääosin muun liikenteen seassa, suolaisten vesiroiskeiden keskellä.

## 4.3 Ruostevaurioiden esiintyminen MLNRV vaunussa

Vaunut ruostuvat ja kuluvat mekaanisesti liikenteessä, mutta niihin tulee myös kolarivaurioita ja ilkivaltaisia vaurioita. Pitkälle kehittyneitä ruostevaurioita löytyy täyskorjauksen yhteydessä yleensä ikkunoiden kumireunusten alta, minne vesi pääsee kerääntymään ja mahdollisesti seisomaan. Samoin ruostevaurioita esiintyy A- ja B-vaunun oviaukkojen alaosasta, jossa on yhdistetty ruostumatonta terästä ja mustaa rautaa (kuva 8, harmaa alue vaunun oviaukon reunassa) (28)

Samoin vakavia ruostevaurioita löytyy vaunun katolta ja katon koteloista, jonne vesi jää ajoittain seisomaan pidemmäksi aikaa, koska lehdet tukkivat poistoveden sihtejä. Tyyppillisesti vaunun pohjasta löytyy runsaasti eriasteisia ruostevaurioita. Ruostevaurioita syntyy, kun esimerkiksi kiveniskemät rikkovat maalatun pintakerroksen ja altistavat rakenteen ruostumiselle. (28)





Kuva 8. Täyskorjattava vaunu 112 nosturilla. Etummainen oviaukko, jossa oviaukon reunan tyypillinen korroosio on työstetty esiin. Kuvassa myös vaunun etuosaan tullut korroosio, joka on hiottu esiin.

#### 4.4 Mekaanisen rasituksen vaikutukset

Mekaaninen rasitus kohdistuu MLNRV-kalustossa erityisesti teleihin ja niiden kiinnityskohtiin, kääntörenkaisiin ja nivelosien ympäristön rakenteisiin (kuva 9, repeämät korjattu hitsaamalla peltipaikkoja). Viimeksi mainittuihin syntyy täyskorjausten välillä repeämiä. (3) Osallistuvalla havainnoinnilla saadun tiedon mukaan MLNRV -kaluston kolarivauriot kohdistuvat tyypillisesti vaunun etupäähän, (vaunu törmää) takakulmien sivuihin, (vaunun perälylitys osuu ulkosyrjän esteeseen) tai vaunun telien väleihin, missä vaunu ”leikkaa” mutkissa (osuma sisäsyrjän esteeseen). Samoin havainnon mukaan ilkeältä kohdistuu tyypillisesti vaunun penkkeihin (vääntely), ovimekanismeihin (repiminen) tai pintarakenteisiin eli maalipintaan, pintalevyihin, ikkunoihin ja oviin (naarmuttaminen, töhryt).



Kuva 9. MLNRV II –vaunun nivelosan etupuolelle hitsattuja vahvikepaloja, joilla estetään repeämien synty nivelosan yhteyteen. Vaunuihin on alkanut muodostua repeämiä erityisesti matalalattiaisen väliosan liittämisen jälkeen.

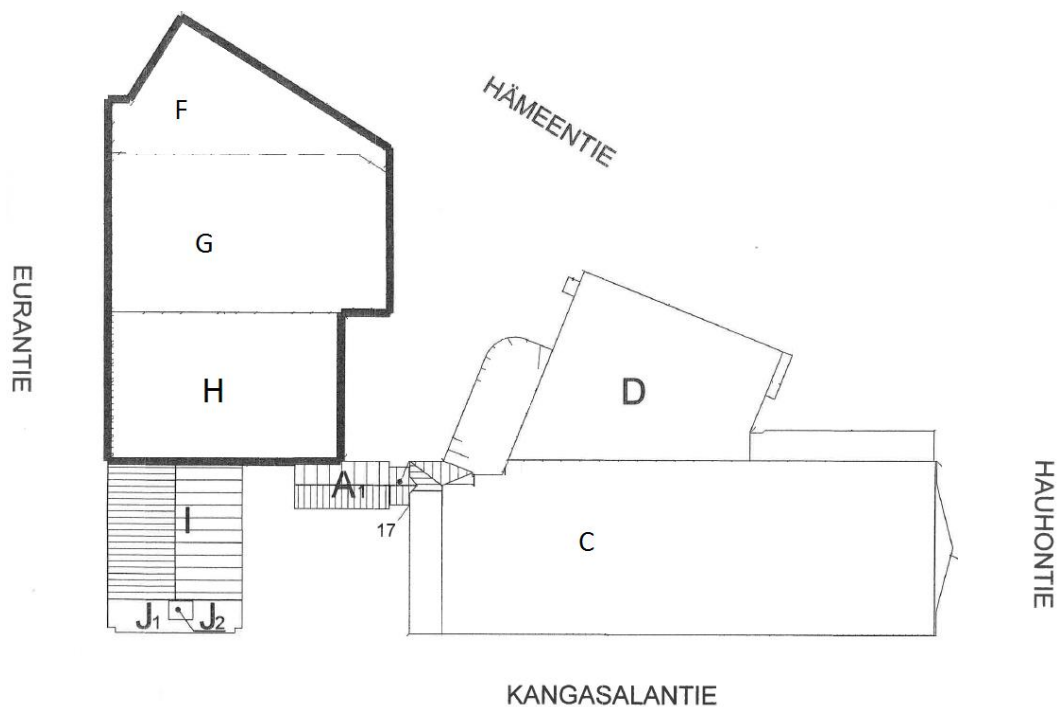
## 5 Täyskorjaus

Tätä lukua koskevat tiedot on kerätty osallistuvan havainnoinnin kautta AMK-harjoittelun aikana 20.3. - 16.6. 2017. Kyseinen harjoittelu on suoritettu HKL:n Vallilan varikon Kori-osastolla, jossa on osallistuttu MLNRV-vaunujen TK-huoltoihin. Harjoittelun aikana on tutustuttu koriosaston työskentelyyn usean työntekijän perspektiivistä ja tehty erityyppisiä työsuoritteita MLNRV-kaluston TK-huoltotoiminnassa, mukaan lukien vaunun purkutyöt, ruosteenpoisto, ovien korjaus ja alustan korjaustyöt.

Matalalattiaisen nivelraitiovaunun täyskorjauksessa korjataan kaikkia niitä vaurioita, joita vaunuihin tulee normaalissa käytössä. Vaunusta huolletaan kori, telit ja sähköosat omien osastojensa toimesta. Koripuolella hoidetaan peltityöt ja sisustan levytyöt, osin myös piensähkötyöt. Teliosaston vastuulla on metallitöiden lisäksi sähkötyöt, hydraulikkatyöt ja jarrutyöt. Sähköosastolla hoidetaan elektroniikka ja sähkötyöt.

Täyskorjaus tapahtuu isolta osin koriosastolla (kuva 10, osastot F, G ja H), jossa raitiovaunun kori sijaitsee täyskorjauksen ajan sekä teliosastolla (kuva 10, osasto D, osin myös C), jossa telit korjataan. Sähköosastolla (kuva 10, osaston C vasen reuna) tehdään lähinnä sähköpuolen vaihto-osakorjaus ja sähkömoottoreiden korjaus ja testaus.

Täyskorjauksessa raitiovaunu puretaan kuluvista osista. Tässä yhteydessä vaunun korin ruostevauriot hiotaan pois pellistä ja tarpeen mukaan tilalle hitsataan uutta peltiä. Vaunu maalataan uudelleen ja varustellaan, minkä jälkeen vaunu katsastetaan liikennekäyttöön.

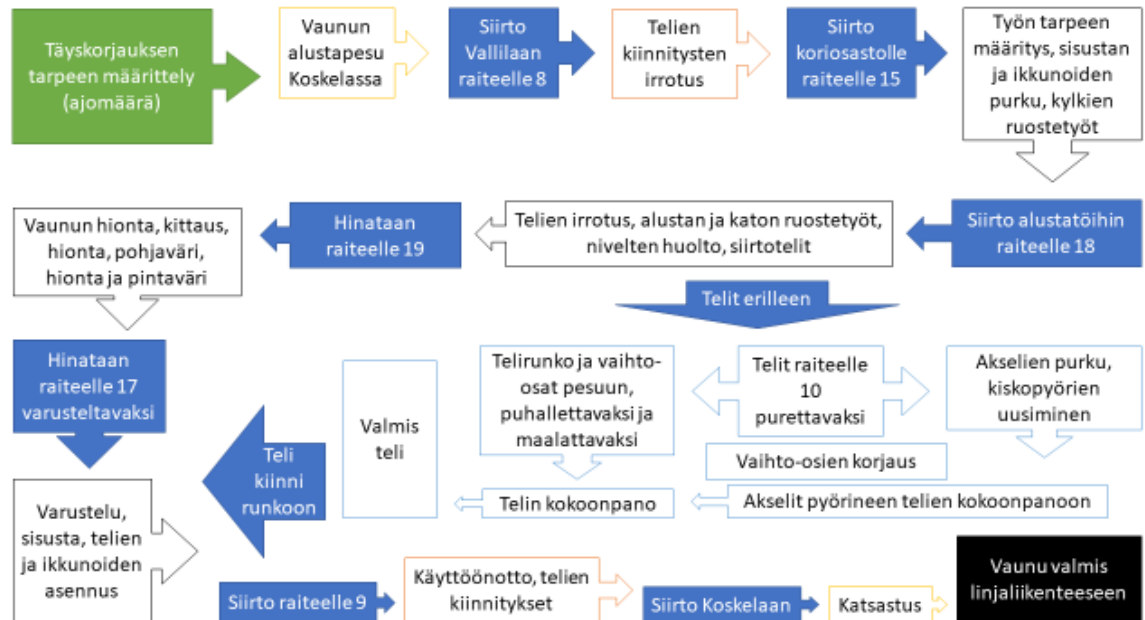


Kuva 10. C: Sähköosasto ja raiteet 1 - 10, D: Telihalli ja raiteet 11 - 14, H: oikaisuraide 15, puuosasto ja pyöräsorvi, G: koriosasto ja raiteet 16 - 18, F: Maalauspilttuu ja raide 19.

### 5.1 Täyskorjausprosessi

Täyskorjaus on prosessi, joka alkaa joko sillä, että raitiovaunu menee ajokieltoon, kun sen liikennekilometrit tulevat täyteen (500 000 km + 10 %:n sallittu ylitys), ja vaunun tilaan tulee merkintä tekemättömästä TK-huollosta. Tämän jälkeen vaunu siirretään täys-

korjaushuoltoon Winbus-järjestelmässä. Yleisesti vaunut siirretään viimeistään tässä yhteydessä Koskelan varikolle, jossa ne pestään ja josta ne haetaan Vallilan varikolle. Vallilassa vaunu ajetaan kaivantoraiteelle 8, jossa telien kiinnityspultit irrotetaan (27).



Kuva 11. MLNRV-täyskorjauksen prosessikuvaus

## 5.2 Täyskorjaus koriosastolla

Koriosasto tekee vaunun runkoon, koriin sekä nivelosiin liittyvät työt, ruosteenpoistot ja sisustan työt. Työt jakaantuvat peltitöihin, vaihto-osatöihin, maalaustöihin sekä puusepän töihin. Työ aloitetaan purkamalla vaunusta vaihdettavat osat oikaisuraiteella. (7)

### 5.2.1 Oikaisuraide

Vaunu ajetaan oikaisuraiteelle 15 (kuva 10, osa H ja kuva 12), jossa vaunun sisätiloista puretaan penkit ja nivelosien lasikuidut, huolletaan nivelletyt ovet ja puretaan vaunun ulkopuoliset valot (kuva 12). Samassa yhteydessä vaunun matkustamosta irrotetaan kii-lakumi-ikkunat. Vaunun ulkopinnasta poistetaan näkyvä ja maalipinnan alla kupliva ruoste. Ruosteenpoiston jälkeen paikalle hitsataan tarvittaessa uutta peltiä. (7)



Vaunun nivelosia ympäröivät rakenteet tutkitaan ja mahdollisiin repeämäkohtiin hitsataan vahvikkeet. Samalla korjataan tarvittaessa penkkien runkoja. Penkin runkoihin kohdistuu ilkevaltaista vääntelyä, jota välillisesti seuraa vauriokohtien ruostuminen. (28)



Kuva 12. Täyskorjattava MLNRV II -runko 89 purettuna täyskorjausta varten raiteella 15. Vaunu on edelleen ajokuntoinen, koska se pitää saada siirrettyä raiteelle 18 alusta- ja kattotöitä varten. Matkustamon sivulasit on purettu ja näkyvillä olevat ruostepaikat on käsitelty. Korin ääri-aloja lukuun ottamatta myös valot on purettu

### 5.2.2 Alusta- ja kattotyöt

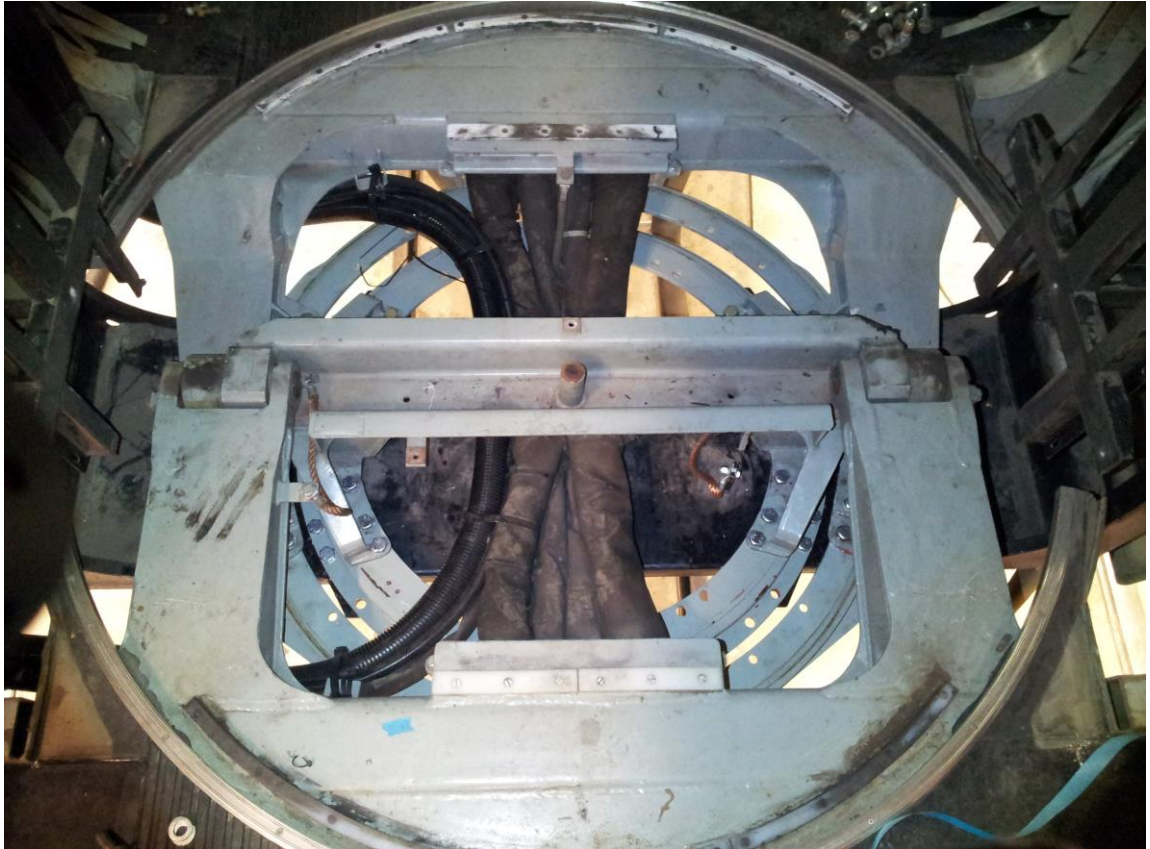
Purettuna ja sivupintojen osalta ruostekorjattuna vaunu ajetaan alustatöihin raiteelle 18. Raiteella vaunu nostetaan siirrettävillä nostureilla (kuva 13) ja siitä irrotetaan telit. Telien kiinnityskohtien korroosiot puhdistetaan ja paikataan. Vaunun hiekotusjärjestelmän letkut ja suodattimet uusitaan ja järjestelmän sähköinen toiminta tarkastetaan. (28)

Vaunun katon ja alustan ruostevauriot tarkastetaan (7). Sähkölaitteet siirretään, jos katon tai alustan sähkölaitteiden laatikoissa on ruostevaurioita (29). Alustan ja katon korjatut paikat paikkamaalataan pensselillä (28)



Kuva 13. Täyskorjattava MLNRV II -runko 112 nostureilla telit irrotettuna alustatyövaiheessa. Samanaikaisesti käynnissä sisäosien sähkötyöt. Ihmissuoja ja vetoaisa kiinnitetään takaisin ennen kuin vaunu siirretään maalattavaksi. Kuvassa pääkytkimen luukku auki

Alustatöiden yhteydessä vaunun nivelosat huolletaan. Nivelen kattostaakit irrotetaan puhdistettavaksi ja maalattavaksi. Tämän jälkeen sisemmät ja ulommat kääntörenkaat (kuvassa 14) vaihdetaan uusiin ja vanhat siirretään joko kunnostettaviksi, tai kierrätykseen. Korjauksen yhteydessä nivelosan suoja-alkojen kunto tarkastetaan ja ne uusitaan tarvittaessa. (28)



Kuva 14. Vaunun nivelosan pohja riisuttuna laahauspelleistä ja laahauskumeista. Alle kiinnitetään juoksuteli. Ulompi kääntörenkas on kiinni etupuolelta, sisempi takapuolelta ja molemmat ovat kiinni nivelosassa ja sitä kautta myös juoksutelissä.

### 5.2.3 Maalaus

Alustatöiden lopuksi vaunun katon ja alustan avoimet laatikot ja luukut suojataan maalausta varten. Sitten vaunu lasketaan pyörällisille maalausteleille, joiden päällä vaunu hinataan maalauspilttuuseen, jossa sen avonaiset ikkuna-aukot suojataan erillisillä levyillä. Lisäksi kaikki ikkunat (kuva 15) sekä avonaiset liittimet ja harmaat alusta ja katto suojataan.

Ennen maalaamista vaunun maalipinnan korjatut kohdat loivennetaan hiomalla. Loivennetut aukot kittipinnassa kitataan ja hiotaan. Hiotut pinnat maalataan hiontapohjamaalilla ja ne hiotaan tasaisiksi.

Vaunu maalataan alaosa vihreällä ja yläosa keltaisella maalilla vesikouruun saakka. Samoin vaunun etu- ja takamaskit maalataan keltaiseksi (kuva 15). Maalatusta vaunusta puretaan suojaukset. (28)





Kuva 15. Maalattu täyskorjattava vaunu maalauspilttuussa

#### 5.2.4 Kokoonpano

Maalattu raitiovaunu hinataan edelleen raiteelle 17 koottavaksi ja telien asennusta varten (kuva 16). Vaunu siis nostetaan väliaikaisteileiltä nostureille, joiden varassa vaunuun sisustan sähköiset järjestelmät. Kokoonpanon lopuksi vaunun alle asennetaan varsinaiset telit, sekä matkustamon kiilakumi-ikkunat ja penkit. (7) Koottuna vaunu siirretään raiteelle 8, jossa telien kiinnitykset varmistetaan (28).



Kuva 16. Täyskorjattu moottoriteli odottamassa kiinnitystä täyskorjattuun raitiovaunuun. Kaapelit on koottu telin päälle ja moottorin tuuletuksen ilmaletku osoittaa taaksepäin.

### 5.3 Telien täyskorjaus

Teliosasto huoltaa ja korjaa raitiovaunujen telit, niiden irrotuksen, purkamisen, kasaamisen, varaosien valmistuksen ja korjaamisen. Samoin teliosastolla pestään, hiekkapuhalletaan, maalataan ja korjataan telirunkojen ja telin vaihto-osat. Metallitöiden lisäksi osastolla tehdään myös sähkö- ja hydraulikkatöitä. Teliosastolla kunnostetaan telien kiskopyörät. (27)

#### 5.3.1 Siirto

Korikorjaamolla nivelraitiovaunun telit irrotetaan raitiovaunun alustasta ja vaunu nostetaan niiden päältä pois. Tämän jälkeen telit yhdistetään toisiinsa työntötangoilla ja kiinnitetään hinausvaunuun, jolla ne hinataan teliosaston raiteelle 9 kuntoarvioon ja purkuun. (27; 28)

### 5.3.2 Purkaminen

Teliosaston kaivannollisella raiteella 9 telit irrotetaan toisistaan ja puretaan huoltoa varten. Telin purkamisjärjestys ja osien määrä riippuvat siitä, onko kyseessä moottoriteli (A ja B), jarruteli (C) tai juoksuteli (J). Purkamisen seurauksena moottoritelistä jäljelle jää yksikkö (kuten kuvassa 17), joka sisältää ajomootorin, vaihteet ja akselit. Jarru- ja juoksuteleista jää purkamisen jälkeen jäljelle akselit. (27)

Telien purkamisen yhteydessä moottoritelin yksikön kunto tarkastetaan huomioiden yksikön kilometrit, edeltävä huolto ja mahdollinen vikahistoria. Jos yksikkö on selkeästi kulunut tai sen edeltävästä huollosta on kulunut riittävä aika ja kilometrimäärä, se puretaan edelleen moottoriksi ja akseleiksi, jotka myös arvioidaan. Purettu moottori siirretään sähköasastolle. Tarvittaessa akselit siirtyvät teliosaston sorvaamoon kunnostettaviksi. Muut puretut osat lastataan lavoilte ja viedään välivarastoon teliosastolle. (27)



Kuva 17. Moottoritelistä purettu moottoriyksikkö raiteella 8. Akseleiden päissä on laakerit (etualalla) ja ajomootorin (keskellä) tuuletus on suojattu suojalevyllä (päällä, vasemmalla), johdotus niputettu moottorin päälle.



### 5.3.3 Sorvaaminen

Akselit tuodaan sorvaamoon varastotilaan, jossa akselit tarkistetaan. Erityisesti tarkastetaan akselin päässä olevat laakerit, akselin kumit ja moottoritelin akselistä perä, jotka ovat vikaantuvia komponentteja. Jos akselissa on vikaa näissä osissa, ne siirretään korjattaviksi, muut akselit siirretään uusittaviksi. (27)

Akselista mitataan heitto, jolle on määritelty toleranssit. Akseliin heitto syntyy, kun raitiovaunu joutuu seisomaan pidempiä aikoja ja vaunun paino painaa akselia kieroon. Kiero akseli syö kiskopyöriä, ja akseli, joka ei mahdu toleranssiin, kierrätetään. (27)

Sorvaamossa peruspyörästä irrotetaan kulutuspinna. Tällä hetkellä tämä tapahtuu polttoleikkaamalla kulutuspinna ensin poikki ja sitten hakkaamalla pintaa lekalla niin, että se tippuu peruspyörän päältä pois (kuva 18). Induktiokuumennukseen siirtymällä päästään tulitöistä irrotuksen yhteydessä. (27)



Kuva 18. Irti leikattuja kulutuspinnoja pinottuna kierrätettäväksi.

Peruspyörän päälle asennetaan uusi kulutuspinna, joka kiinnittyy peruspyörään ahdistussovituksena. Uusittu kiskopyörä sorvataan mittoihin ja profiiliin automaattisorvilla, jolloin

kiskopyörät saadaan asettumaan mittoihinsa (kuva 19). Lopuksi kulutuspinnan ja peruspyöräpakan väliin kiinnitetään maadoitusjohto. (27)



Kuva 19. Akselin molempien pyörien kulutuspinnat on sorvattu

#### 5.3.4 Yhteenveto telin täyskorjauksesta

Telistä siis irrotetaan telistä riippuen kääntörenkas, iskunvaimentimet, palkki, suoja-raudat, alaraudat, kulmat ja kiskojarrukokonaisuus. Näiden jälkeen telirunko nostetaan pukeille ja telirungosta irrotetaan jarrupaketti ja hydraulikat sekä lokasuojat ja sähköjohdot. Moottoritelistä jäljelle jää yksikkö, joka koostuu akseleista, vaihteista ja moottorista.

Telirunkoon liittyvät kuluvat osat vaihdetaan uusiin tai kunnostettuihin. Osa käytetyistä osista kunnostetaan ja varastoidaan mahdollista uusiokäyttöä varten (kuva 20). Esimerkiksi kiskojarussa tärkein kuluva osa on kulutuspaala, mutta tästä huolimatta koko kiskojaru puretaan osiin ja osat huolletaan ennen uuden yksikön kokoamista.





Kuva 20. Vaihto-osien välivarasto. Vasemmalla puolella raitiovaunun kiskojarruja. Lattian tasolla uusia kääntörenkaita ja niiden päällä vaihteenkääntömagneetteja. Jousituet ylähyllillä.

#### 5.4 Täyskorjaus sähköosastolla

Sähköosasto hoitaa raitiovaunujen johdotuksen ja sähkökäyttöiset kokonaisuudet ja järjestelmät, niiden purkamisen ja kokoamisen sekä vaihto-osien kunnostuksen ja korjaamisen. Näihin sisältyy käytännössä kaikki se, mikä tarvitsee sähköä raitiovaunun toimissa kuten puhallin-, ajo- ja ovimoottorit (kuvat 21, 23 ja 28), niiden ohjaus-, turva- ja säätölaitteet ja lämmitys- ja viilennyslaitteet sekä ajo- merkki- ja sisävalot ja kaikenlaiset sensorit ja lipunmyyntilaitteet. (29)

Sähköosasto hoitaa vaunujen käyttöönoton. Sähkölaitteiden purkaminen ja asentaminen sekä telien irrottaminen vaunusta tapahtuvat koriosastolla, koska sähköosastolla ei ole sellaisia tiloja, joissa vaunun sähkökokonaisuuksia voitaisiin purkaa eikä se olisi mielekästä erillään muusta työstä. (29)

#### 5.4.1 Laitteiden täyskorjaus

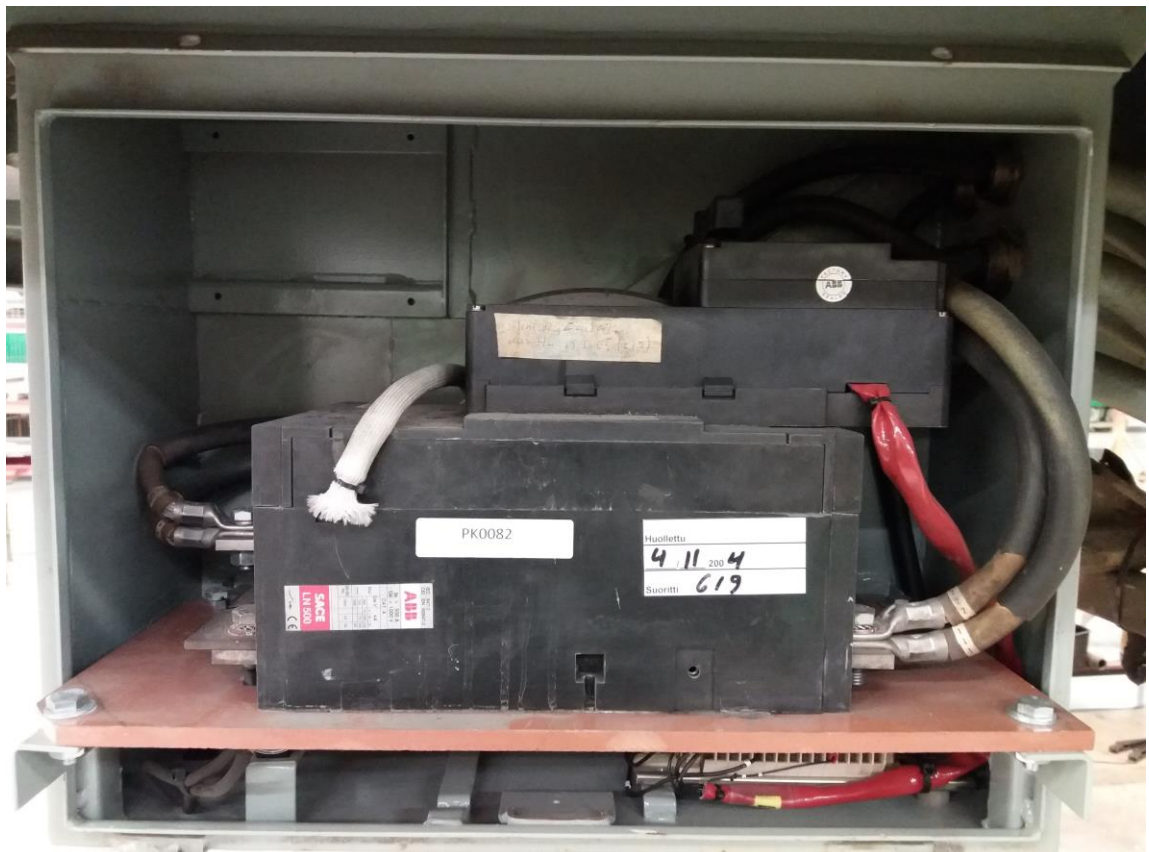
Vaunuista puretaan uusittavat laitekokonaisuudet ja ne kuljetetaan sähköosaston varastoon. Varastosta ne viedään sähköosastolle mittauksia ja tarkastuksia varten. Rikkinäiset komponentit korvataan ja laitteet kootaan. Kootut laitteet testataan uudelleen mahdollisen muun vian varalta ja kytketään vaunuun. (29)



Kuva 21. Vaihto-osien korjauspiste sähköosastolla. Etualalla linjakuristin, taaempana tuulettimen siipipyöriä ja puhaltimen suppiloita. Toisella pöydällä puhaltimen moottoreita.

#### 5.4.2 Ajokytkin, pääkytkin ja verkkodiodi

Vaunusta puretaan tarvittaessa erikseen ajokytkin, pääkytkin (kuva 22) sekä verkkodiodi. Ne kuljetetaan sähköosastolle vaihto-osakorjaajalle, joka huoltaa tai korjaa laitteet käyttökuntoon. Asennusvaiheessa laitteet haetaan vaihto-osakorjaajalta ja ne asennetaan täyskorjattavaan vaunuun. (29)



Kuva 22. MLNRV-vaunun pääkytkin sijoittuu raitiovaunun vasempaan etukulmaan.

#### 5.4.3 Ajomoottorien täyskorjaus

Ajomoottorin tiedoista tarkastetaan edeltävän huollon ajankohta ja sen jälkeen ajatut kilometrit ja moottori arvioidaan ulkoisesti. Tarkistettu moottori pestään teliosaston pesupaikalla, jotta se ei levitä pölyä ja pienhiukkasia sähköosaston työtilaan. Pesun jälkeen moottori puhalletaan kuivaksi. (29)



Moottorin toiminnan mittaamiseksi moottori kytketään. Moottorin suojakannet puretaan päältä pois, jotta saadaan esiin roottori ja sen kontaktipinnat. Tarvittaessa moottoriin tehdään laajempia korjauksia. (29)

Sähkömoottorin roottorista sorvataan kontaktipinnat tasaisiksi, jos niihin on muodostunut pyörintäliikkeen suuntaisia uria. Kyseessä on herkkä vaihe, koska kuparipinnasta halutaan mahdollisimman vähän tavaraa pois, mutta pinnasta pitäisi kuitenkin saada ehyt kehä, joka on tasainen akselin suunnassa. Roottoriin työstetään uudet 147 akselinsuuntaista uraa. Moottorin käämien kiinnitys testataan. (29)

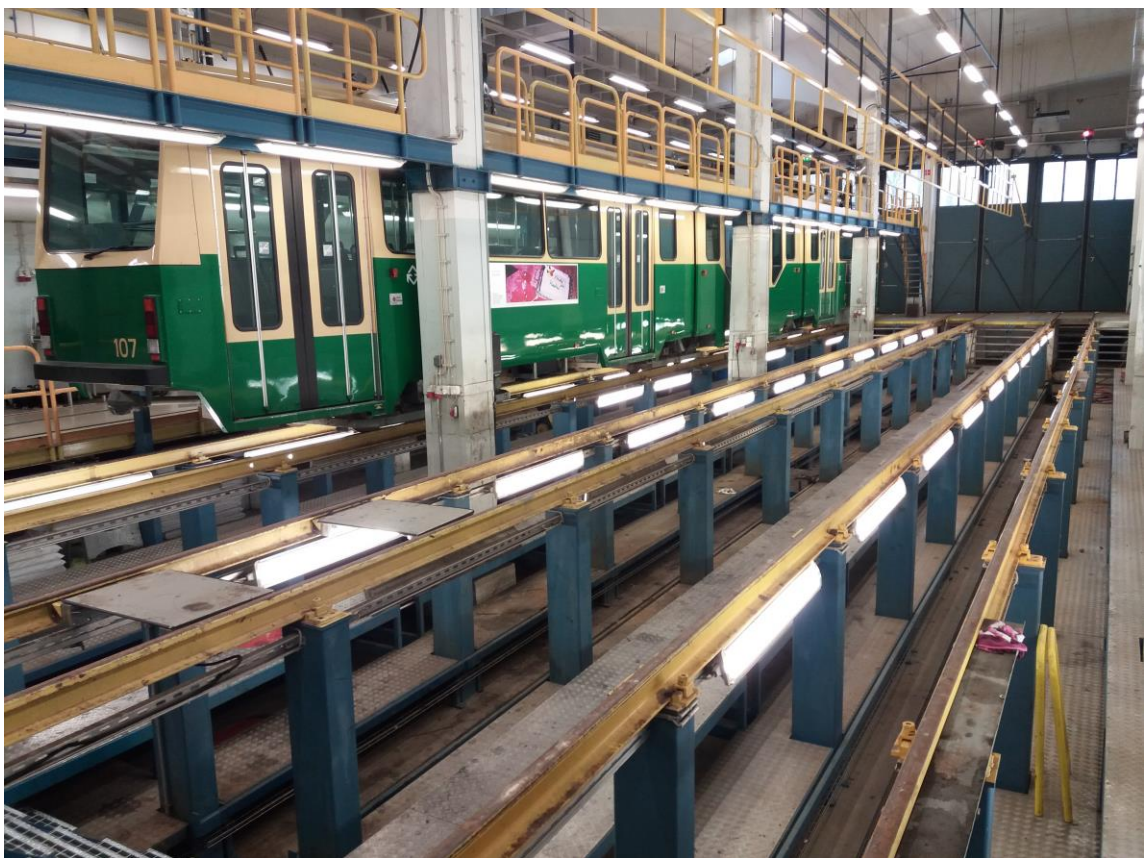


Kuva 23. Ajomoottorin roottori, jonka etuosan kuparipintaan on koneistettu 147 kontaktiuraa.

Nivelraitiovaunujen ajomoottoreita on varastossa, ja osa niistä on kunnostettuja, joten teliin voidaan myös asentaa jo valmiiksi kunnostettu moottori kokoamisen yhteydessä. Tällöin täyskorjattava moottori jää varastoon odottamaan täyskorjausta ja asennusta seuraavaan teliin. Välivarastossa ajomoottorit on luokiteltu sen mukaan, missä yhteydessä moottori on irrotettu vaunusta. (29)

## 5.5 Käyttöönotto ja katsastus

Käyttöönotossa vaunun järjestelmien toiminta tarkastetaan mahdollisten vikojen varalta eli sille tehdään koeajo ja sen laitteiden toiminta tarkastetaan. Käyttöönoton jälkeen vaunu katsastetaan vielä erikseen liikennekäyttöön. Katsastuksessa mahdollisesti ilme-  
nevät pienemmät viat korjataan Koskelassa ja mahdollisten suurempien vikojen takia vaunu siirretään takaisin Vallilaan. (7) Katsastuksesta läpi mennyt vaunu siirretään täys-  
korjattuna liikennekäyttöön ja kilometriseuranta alkaa uudelleen Winbus-järjestelmässä. (8)



Kuva 24. Täyskorjattu MLNRV II 107 odottamassa käyttöönottoa

## 5.6 Winbus täyskorjauksessa

MLNRV-vaunuille on määritelty Winbus-järjestelmään täyskorjausväli (500 000 km), ja Winbus siirtää vaunun ajokieltoon ja merkitsee vaunulle ajokiellon, kun mainittu kilometrimäärä ylittyy. Tuotannon tuki ohjaa kunnossapidossa vaunun täyskorjaukseen. (8)

Järjestelmässä vaunu on yksi kokonaisuus, jonka alle eri osakokonaisuudet ja laitteet, kuten esimerkiksi sarjanumeroidut telit, on merkitty. Täyskorjauksen yhteydessä sarjanumeroidut laitteet irrotetaan vaunusta tarpeen mukaan ja rikkiäiset merkitään korjattaviksi. Sarjanumerolliset laitteet merkitään rikkiäisiksi, ja tätä kautta ne menevät huoltojonoon. Huoltojonosta korjaaja merkitsee laitteen korjattavaksi. Korjattu laite merkitään korjatuksi ja varastoidaan asianmukaisesti korjattuihin laitteisiin odottamaan käyttöä.

Kokoamisvaiheessa vaunuun lisätään kunnostetut laitteet ja laitekokonaisuudet irrotettujen tilalle. Lisäämisen tapahtuu rinnakkain fyysisten laitteiden asennuksen kanssa, muttei käytännön syistä täysin samanaikaisesti. MLNRV-vaunu palautuu Winbus-järjestelmässä liikenteen käyttöön, kun sille tehty käyttöönotto ja katsastus on kuitattu Winbus-järjestelmään tehdyksi (8). Näiden jälkeen vaunu on järjestelmässä käyttövalmis ja se liitetään liikenteen käyttösaldoon.

## 5.7 Täyskorjauksen yhteenveto

Täyskorjauksessa vaunu puretaan ja puhdistetaan perusteellisesti ruosteesta ja maalataan uudelleen. Tämän yhteydessä sen telit toimitetaan teliosastolle korjattavaksi ja niistä puretut moottorit viedään koriosastolle kunnostettavaksi. Vaunun telit, laitteet ja moottorit korjataan ja uusitaan. Ruosteesta puhdistettu ja maalattu vaunun runko kootaan jälleen kunnostetuilla ja uusilla osilla ja teleillä.

Kaikilla täyskorjauskierroksilla ei ole tehty kaikkia täyskorjauksen laajemmassa selvityksessä avattuja toimenpiteitä ja osia täyskorjauksista on ulkoistettu alihankkijoille työntekijätilanteen, tilapaineen tai muun syyn niin vaatiessa. Suurelta osin työt on kuitenkin tehty HKL Kunnossapidon sisällä.

## 6 Teliosaston työntekijöiden haastattelu

Teliosaston kokonaistilannetta pyrittiin kartoittamaan tätä insinöörityötä varten tehdyllä haastattelulla, joka toteutettiin osin strukturoituna ja osin teemahaastatteluna. Haastattelu toteutettiin haastateltavan työpisteillä tai osaston sosiaalitiloissa yksi kerrallaan lomakkeen pohjalta. Haastateltavina olivat teliosaston työntekijät, mutta osa työntekijöistä

ei ollut halukkaita vastaamaan haastatteluun, joten heitä ei haastateltu. Haastattelut alkoivat joulukuussa 2017 ja haastattelut oli tehty 16.2.2018 mennessä.

## 6.1 Metodologia

Haastattelu oli osin strukturoitu haastattelu (30). Tässä tapauksessa tällä tarkoitetaan sitä, että haastattelutilanteessa oli läsnä haastattelija, joka avasi haastattelulomaketta suullisesti ja mahdollisesti lisäkysymyksillä ja -kommenteilla. Toisilta osin kyseessä oli teemahaastattelu, koska eri työtehtävissä toimivilta henkilöiltä kysyttiin heidän omaa työtehtäväänsä koskevia kysymyksiä.

## 6.2 Haastattelujen päämäärä

Haastatteluilla pyrittiin kartoittamaan työntekijöiden näkemystä osaston tilanteesta. Toisaalta haastattelun kautta pyrittiin saamaan esiin työntekijöiden näkemys osaston ongelmista ja ongelmien ratkaisumahdollisuuksista. Haastattelu nähtiin välineenä saada esiin hiljainen tieto, joka työntekijöillä on heidän omasta työtehtävästään ja työpisteestään. Haastattelussa kysyttiin myös asioita, joihin ei voida puuttua tämän työn puitteissa.

## 6.3 Haastateltavien valikoituminen

Osaston 21 työntekijästä haastateltiin 10 (48 %) ja jokaisesta työvaiheesta (telien purku, pyörien sorvaus, vaihto-osien korjaus ja telien kokoaminen) haastateltiin ainakin yhtä työntekijää, joten tulosten voidaan ajatella heijastavan osaston työntekijöiden näkemyksiä.

Haastateltavat valikoituivat sen pohjalta, ketkä suostuivat haastateltaviksi. Haastattelussa ilmeni, että osastolla on tehty haastatteluja ja kyselyjä aikaisemminkin, ja työntekijöiden arvioiden mukaan ne eivät ole johtaneet muutoksiin. Tämä ilmaistiin syyksi, kun kysyttiin haluttomuudesta osallistua haastatteluun.

#### 6.4 Numeraalisen haastattelun analysointi

Kyselyn ensimmäinen osa keskittyi numeeriseen arviointiin ja jälkimmäinen osa sanalliseen arviointiin. Numeerisessa arvioinnissa asteikko oli 1 - 5, jotka vastasivat arvioita heikosta hyvään. Haastattelija kirjasi sanalliset arviot haastateltavien pyynnöstä. Sanallisia arvioita pyrittiin tarvittaessa selkeyttämään selventävillä kysymyksillä.

Arvion alkupuoli koski työtä, sen tekemistä, mielekkyyttä ja järjestystä. Arvioiden keskiarvo oli 4,5 ja mediaaniluku 4,5. Tätä avattiin kertomalla, että työntekijä saa järjestää työtään melko vapaasti työn kuvan puitteissa. Voidaan siis ajatella, että nämä asiat ovat työssä järjestyksessä.

Arvion keskimmaisessä osassa kysyttiin, tukevatko työtilat työn tekemistä. Arvioiden keskiarvo on 3,9 pyöristettynä yhden desimaalin tarkkuuteen ja arvioiden mediaaniluku on 4. Tämä siitä huolimatta, että kiinteistö on vanha ja sitä ei ole päivitetty kaikilta tarpeellisilta osin.

Arvioinnin loppuosa keskittyi työnjohdon tukeen ja ohjaukseen sekä työyhteisön tukeen. Arvioiden keskiarvo on 3,4 pyöristettynä yhden desimaalin tarkkuuteen ja arvioiden mediaaniluku on 4. Arviointiajankohtana nykyinen työnjohtaja oli ollut työssään alle vuoden. Tähän vedoten osa ei pitänyt arvioimista mielekkäänä.

#### 6.5 Sanallisten tulosten kirjaaminen

Sanallisten arvioiden kirjaaminen tapahtui niin, että haastattelija keskusteli haastattelukysymyksestä työntekijän kanssa. Tämän jälkeen haastattelija kysyi tarkentavia kysymyksiä ja kirjasi näiden perusteella haastateltavan palautteen. Tämän jälkeen haastateltavalta kysyttiin vielä ymmärtämis palaute.

Mahdollisesti tästä johtuen sanalliset arviot jäivät melko suppeiksi. Työntekijälle annettiin mahdollisuus arvioida oman työtehtävänsä toimivuutta sekä työtilojen toimivuutta työn tekemisen kannalta.

Työntekijälle annettiin myös mahdollisuus kuvailla jokin ”typerä ongelma”, joka olisi helpposti ratkaistavissa. Tämän kysymyksen vastauksia käsitellään luvussa 7. Työntekijä sai



antaa ongelmaan oman kehitysideansa ja selittää miten se auttaa ongelman ratkaisussa tai kiertämisessä. Tämän osan vastauksia käsitellään luvussa 8.

Lopuksi työntekijälle annettiin mahdollisuus vielä purkaa näkemyksiään työnjohdollisista ongelmista. Myös työhyvinvointiin liittyviä asioita kysyttiin, koska haastattelun laatijat pitivät sitä oleellisena vastausten saamisen kannalta. Insinöörityönä tämä työ ei ota kantaa työhyvinvointiin, koska aihe on luonteeltaan sosiaalinen.

## 7 Täyskorjausprosessin haasteet

Täyskorjauksen haasteita on selvitetty tätä haastatteleamalla teliosaston henkilöstöä ja keskustelemalla kunnossapidon toimihenkilöiden kanssa marraskuusta 2017 tammikuuhun 2018 tätä insinöörityötä varten. Tulosten perusteella haasteet voidaan jakaa yleisiin haasteisiin, jotka esiintyvät kaikilla osastoilla sekä osastokohtaisiin haasteisiin.

Vallilassa vaunujen täyskorjauksia ja TK-töiden pullonkauloja on analysoitu ennenkin. Esimerkkinä Risto Lintulan esitys 9.1.2017 HKL liikelaitoksen Kunnossapidon johdon työpajassa. Tässä tuotiin esille täyskorjausten jaksotusten haasteellisuus ja se, että täyskorjauksissa vaunuja ja telejä joudutaan siirtämään paljon eri työvaiheissa. (31)

### 7.1 Yleiset haasteet

Täyskorjaukset ovat ruuhkautuneet johtuen täyskorjaustahdistista ja liikennöintimääristä. Tämä on tapahtunut siitäkin huolimatta, että kilometriperusteinen huolto-ohjelma on venytetty nykyiseen mittaansa, eli 500 000 linjakilometriä +10 %:n sallittu ylitys (8). Täyskorjauksia on nyt tarkoitus saada läpi 21 kappaletta vuosina 2018 - 2019, joista 17 vuonna 2018. Tämä on merkittävästi enemmän kuin mitä aikaisemmin on saatu läpi. (3)

Haastattelujen ja keskustelujen perusteella yleisenä teknisenä haasteena pitää mainita täyskorjauksen aloituksen ruostevaurioiden korjaukset, jotka viivästyessään voivat viivyttaa koko täyskorjausta. Lisäksi täyskorjauksissa on prosesseja, kuten osa sähkö- ja koritöistä, joita ei voi suorittaa päällekkäin ja josta voi aiheutua odottelua. Yhtenä haasteena on yleinen siirtely, joka tapahtuu runkojen osalta kadun kautta (31).

Yleisiin haasteisiin lukeutuu se, että osa työtehtävistä on raskaita ja kuluttavia. Osa asennuksista tehdään vaunun alla ylöspäin, joka rasittaa kehoa poikkeavalla tavalla. Kori-osastolla vaunun ikkunoiden asennuksen ja purkamisen yhteydessä joudutaan liikuttelemaan raskaita lasielementtejä ja kääntelemään niitä. Teliosastolla suurempien osien hiekkapuhallukset ovat terveysriski silikoosin takia ja koska työntekijä joutuu käsittelemään hiekkapuhallusletkua, joka nykii voimakkaasti.

Keskusteluissa eri osastojen työntekijöiden kanssa on ilmennyt työntekijöiden näkemys siitä, että HKL ei monitoroi riittävän tarkkaan aliurakoinnin ja -hankinnan laatua, eikä saa laatupoikkeamia ajoissa kiinni. Työntekijöiden kritiikki kohdistuu siihen, että HKL korjaa laatupoikkeamat omalla kustannuksellaan. Tätä ei nähdä tarkoituksenmukaisena. (27; 28)

## 7.2 Korikorjaamon haasteet

Erityisesti korikorjaamon puolella täyskorjauksia hidastaa kolarivaunujen korjaus. Osastolla korjattavat linjavaunut edustavat neljää eri tyyppiä (Artic, Variotram ja MLNRV I ja II). Jokaisen eri vaunutyypin kolarikorjauksissa (kuva 25, Artic-vaunun kolarikorjaus) on erityispiirteitä johtuen niiden teknisistä ratkaisuksista, ja kolarikorjaukset syövät työvoimaa täyskorjauksista sekä peltitöissä että maalauspuolella, isommissa kolareissa myös muilta osastoilta. (7)

Ajoittain erilaiset muut projektityöt kuormittavat osastoa. Tällaisia ovat MLNRV-kalustoon tehtävät tekniset muutokset, esimerkiksi lipunmyyntilaitteiston uusimiset. Näitä uudistuksia pyritään ajoittamaan täyskorjaussuman ulkopuolelle tai täyskorjausten yhteydessä tehtäviksi.

Oikaisupilttuussa ei voida tehdä katto- eikä alustatöitä, kun taas muilla raiteilla ei haluta tehdä töitä, joista syntyy runsaasti pölyä (raitiovaunun kylkien ruosteenpoisto). Samoin maalauspilttuussa ei tehdä muita töitä eikä muualla maalata. Lisäksi osa kattotöistä on sellaisia, ettei alustatöitä voida tehdä samanaikaisesti. Tämä johtaa odotteluun, kun vaunuja ei päästä siirtämään eri paikkoihin kulloisenkin työvaiheen edellyttämällä tavalla.

Osallistuen havainnoituna osa täyskorjaukseen tarkoitettusta ajasta kuluu odotteluun, kun toisen työvaiheen vaunu ei ole valmistunut. Osasyyn tähän on töiden päällekkäisyys,

mutta osasyynä on mahdollisesti myös se, että osa työsuoritteista kestää suunniteltua pidempään. Esimerkiksi korin ja telin ruostekorjauksissa on voimakasta vaihtelua riippuen ruostevaurioiden laajuudesta ja tämä heijastuu muihin korjauksiin. Myös osissa voi olla työläitä vikakorjauksia.

Koriosastolla täyskorjauksia tehdään neljässä työpisteessä. Seuraavalta pisteeltä pitää saada vaunu pois, ennen kuin siihen voidaan ottaa uusi vaunu tilalle. Kullekin raiteelle mahtuu vain yksi täyskorjattava MLNRV-vaunu ja nosturipaikat on mitoitettu yksittäisille vaunuille.



Kuva 25. Kolaroitu Artic-vaunu, josta jouduttiin vaihtamaan tuulilasi, etusivulasi, kaksi sivulasia, listoja, puskuri, kuusi koripaneelia ja kaksi ovea sekä ajovaloyksikkö ja vilkkuja.

### 7.3 Telikorjaamon haasteet

Telikorjaamolla haasteina on lähinnä telihallin ikä ja siitä johtuvat seikat eli rakenne, ilmanvaihto ja rajalliset tilat. Kiinteistöosaston joulukuussa 2017 tekemän arvion mukaan telihallin lattia ei ole riittävästi tuettu, eikä sitä näin ollen voida kuormittaa tarpeenmukaisesti. Kuormittaminen täytyy siksi tehdä onton lattian kantavuuden perusteella. (32)

Teliosaston hallissa on pieni maalausammio, joten telirunkoja voidaan maalata ja niitä mahtuu kuivumaan vain yksi kerrallaan (Teliosaston työntekijä 7). Sama pätee hiekkapuhallukseen ja painepesuun (Teliosaston työntekijä 2). Telihallia kuormittaa myös kasaantuvat telirungot, joita on pinottuna kolmen telin pinoihin hallissa (Teliosaston työntekijä 6).

Työntekijöiden mielestä teliosaston hallin ilma on myös huonolaatuista. Tätä indikoi työntekijän näkemyksen mukaan maalausammion korvausilman suodatin, joka pestään puolivuositain. (Teliosaston työntekijä 10). Tämän arvion tueksi ei löytynyt kliinistä tutkimusta, jossa ilmanlaatu olisi todettu heikkolaatuiseksi.

Telihallin ongelmana on lisäksi säilytystilan heikko organisointi, joka haittaa työviihtyvyyttä ja työn tehokkuutta. Osa tavaroista on jätetty hallin lattialle niin, että kulku hallissa on hankaloitunut. Käytännössä osa henkilöstöstä joutuu kiertämään pidempiä reittejä tai siirtelemään tavaroita saadakseen töitä tehtyä (Teliosaston työntekijä 10). Tämä on myös työturvallisuusongelma, koska lattialle jätettyihin osiin voi kompastua (Teliosaston työntekijä 6).



Kuva 26. Teliosaston raiteiden 11 - 14 alustassa oleva kaivanto osin peitettynä vaneripäällysteisillä tukilevyillä. Tarvittaessa työntekijät siirtävät levyjä

#### 7.4 Winbus-järjestelmän haasteet

Winbus-järjestelmän haasteena on se, että tehdyt asennukset pitää päivittää erikseen järjestelmään. Järjestelmän tietojen paikkansapitävyys on tällöin työntekijän vastuulla. Ajoittain on ilmennyt, että raitiovaunussa olleessa laitteessa on ollut eri sarjanumero kuin järjestelmään on ollut merkittynä (33). Tämä osoittaa, että Winbus-järjestelmän luottamusperiaate ei ole siis käytännössä toiminut.

#### 7.5 Välivarastoinnin haasteet

Vallilan varikon osastojen sisäisessä välivarastoinnissa on haasteena se, että vanhentuneita tavaroita ei poisteta. Varastossa on tavaraa, joka ei kuulu varsinaisesti mihinkään aktiivikäytössä olevaan vaunuun. Pääosa varastoidusta tavarasta liittyy kuitenkin varikon ydintoimintoihin eli raitiovaunujen ylläpitoon ja korjauksiin. (29)



Poistamalla välivarastosta sellaiset osat jotka eivät kuulu aktiivisen raitiovaunukaluston ylläpitoon voidaan vaikuttaa teliosastoa ja välivarastoa vaivaavaan lattioiden tukkeutumiseen, kun tila vapautuu hyllyistä ja se saadaan käytettyä käyttötavaroiden varastointiin. (29)



Kuva 27. NRV I -ovimoottoreita ja -vaihteita, sekä muita tarvikkeita välivarastossa

## 8 Täyskorjausten ongelmakohtien ratkaisumalleja

Täyskorjausten pullonkauloihin on etsitty erilaisia ratkaisumalleja, jotka parantaisivat täyskorjausten 16 - 18 viikon läpimenoaikoja suhteessa 15 viikon tavoiteaikaan ja auttaisivat hyödyntämään varikon viiden vaunun kokonaiskapasiteettia täyskorjauksessa (3). Kun täyskorjauksissa on pullonkauloja, muut paikat eivät pääse toimimaan täydellä teholla. Pullonkaulat ohittamalla eliminoidaan tarpeeton viive työssä.

Täyskorjausten pullonkaula on tyypillisesti sellainen, että työvaihe ei valmistu halutussa aikataulussa. Tyypillisesti jokin muu työvaihe on osoittautunut työläämmäksi kuin on alkuun arvioitu ja siitä johtuen tarvittavaa työntekijää ei ole saatu työvaiheeseen. On myös sellaisia tapauksia, että tarvittavia osia ei ole ollut saatavissa.

Pullonkaula ei tyypillisesti johdu tarvittavien osien puutteesta. Osien puutetta ilmenee silloin, kun tulee odottamattomia korjauksia tai jokin osa ei ole käyttöön sopiva. Tämä on tyypillisemmin kolarikorjausten ongelma, jossa osia joudutaan tilaamaan tarpeen mukaan.

Osalla työntekijöistä on työntekoa haittaava vamma tai työperäinen sairaus, joka estää osallistumasta tiettyyn työvaiheeseen. Tämä hidastaa työtä muissa työvaiheissa. Sen takia osa työntekijöistä joutuu odottamaan toisen työvaiheen valmistumista.

Osa seuraavista ratkaisumalleista on olemassa olevia päätöksiä, jotka on tehty ennen tämän insinöörityön aloittamista, osa ratkaisumalleista on syntynyt ideoiden kunnossapidon suunnitteluinsinööri Antti Toivasen kanssa ja osa on työntekijöiden omaa ideointia.

## 8.1 Kunnossapidossa ideoidut tehostamistoimenpiteet

Näitä toimenpiteitä on ideoitu ja kehitetty kunnossapidon johdossa ja insinööritasolla. Osa toimenpiteistä on käynnistetty tämän insinöörityön aikana ja osaa ollaan käynnistämässä. Nämä toimenpiteet ovat melko suurella todennäköisyydellä menossa läpi.

### 8.1.1 Huoltovälin pidentäminen

Ratkaisumalli ei varsinaisesti liity täyskorjausten sujuvoittamiseen, mutta auttaa purkamaan ruuhkautuvaa täyskorjausjonoa pidentämällä täyskorjausväliä muutamassa MLNRV-vaunussa. Kyseiset vaunut on läpikäyty matalalattiaisen väliosan asentamisen yhteydessä. Tässä yhteydessä niille on tehty perusteellisempi huolto kuin tavanomaiseen huolto-ohjelmaan kuuluu.

Olettaen että asentamisen yhteydessä vaunujen jarrut ja muu turvalaitteisto on käyty läpi väliosan asentamisen yhteydessä riittävällä tarkkuudella, voidaan todeta, että niillä liikennöiminen matkustajaliikenteessä on riittävän turvallista. Tämä vaatii kuitenkin tiedon

siitä, mitä erityisesti kyseisten raitiovaunujen jarruille on tehty välisan asentamisen yhteydessä. (8)

### 8.1.2 Töiden teettäminen ulkopuolella

Tietyt osat, kuten telirungot ovat haasteellisia työstettäviä Vallilan tiloissa ja erityisesti teliosaston maalausammiossa (Teliosaston työntekijä 7), joka on teliosaston sisälle rakennettu erillinen kammio. Kuten kuvassa 29 näkyy, telirungot ovat isoja ja ulokkeisia kappaleita. Teliosastolla raskaiden osien pyöritteleminen kuivuvan maalipinnan kanssa vaatii tyhjän maalausammion (Teliosaston työntekijä 7).

Telirunkoja on ehdotettu teetetäväksi ulkopuolella. Näin se aika, joka kuluu telirunkojen työstämiseen, saadaan käytettyä muihin kohteisiin. Tällöin telirungot eivät tuki maalaa-moa ja pienempiä osia voidaan käydä läpi suurempi määrä.

VR voitti tarjouskilpailun telirunkojen käsittelystä ja telirungot tehdään keskitetysti Helsingin ulkopuolella. (3) Teliosastolle tuotiin Metrovarikolta muita töitä tehtäväksi, koska teliosastolla katsottiin olevan ylikapasiteettia. (Teliosaston työntekijä 6)



Kuva 28. MLNRV -telirunkoja raiteen 11 edustalla odottamassa kuljetusta käsittelyyn

### 8.1.3 Ulkopuolisen työvoiman käyttö Vallilassa

Täyskorjausten tueksi on ideoitu lisätyövoiman käyttöä. Työt tehtäisiin Vallilassa päivävuorojen (arkisin kello 6:30 - 16) ulkopuolella. Näin nämä työt eivät haittaa vakinaisia työntekijöitä, jolloin työstä saadaan maksimaalinen hyöty. (3)

Käytännössä ulkopuoliset työntekijät työskentelisivät purkuraiteen ruosteenpoistossa ja ruostepaikkausten tekemisessä. Muita mahdollisia kohteita löytyy alustapurkuraiteella alustan ja katon ruosteenkorjaustöistä, sekä mahdollisista mekaanisista purkutöistä. Näiden lisäksi keveämmällä perehdytyksellä ja ilman intensiivisempää työnohjausta muiden töiden teettäminen voi olla hankalaa. (3)

Keskustelussa ilmeni, että metallitöiden suhteen ajatuksesta on luovuttu, koska purkuraiteen ruosteenpoistossa ei ole riittävästi töitä ja muissa töissä tarvitaan enemmän asiantuntemusta. Lisätyövoimaa voitaisiin käyttää mahdollisesti kiilakumi-ikkunoiden asennuksessa. (3)

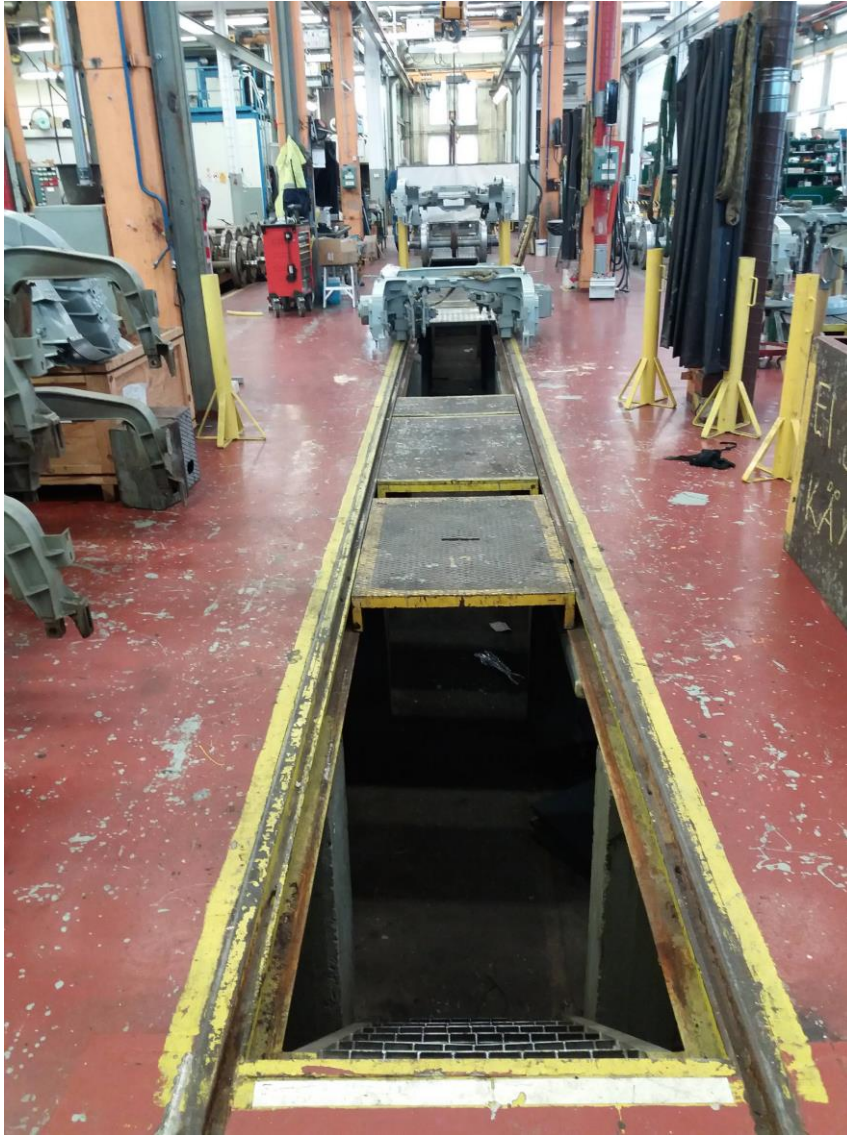
### 8.1.4 Lattian rakenteiden vahvistaminen

Telihallin lattialla olevien kiskojen alla on kaivanto, jonka päällä oleva lattia on tuettu betonipilareilla rakennuksen pohjaan. Rakenne ei salli täysien kuormien siirtämistä lattian poikki. Kiinteistön isännöitsijän mukaan tällainen voisi aiheuttaa sortuman.

Kiinteistönhoidon kanssa on keskusteltu marras-joulukuussa 2017 lattian alapuolisten rakenteiden vahvistamisesta. Tällä vahvistettaisiin kantavia rakenteita niin, että yläpuolinen lattia saataisiin riittävän kantavaksi trukin täysimittaista käyttöä varten. Myös kiskoparin välinen aukko voitaisiin täyttää samalla, jolloin putoamisriski poistuisi.

Koriosaston hallissa on samankaltainen tilanne, jossa hallin lattia on tuettu osin tarpeetoman heikosti, eikä se kestä tarvittavaa kuormitusta (7). Tässä näkyy se, että Vallilan varikon kiinteistöt on otettu käyttöön 1920- ja 1930-luvuilla, jolloin käytössä olleet raitiovaunut ovat painaneet 10 - 15 tonnia.





Kuva 29. Raiteiden 11 - 14 alla lattia on ontto. Raideparin välissä on asennustila ja lattia alla on säilytystilaa.

## 8.2 Rakennusten ja kiskotusten muuttaminen Vallilan raitiovaunuvarikolla

Seuraavia kehitysehdotuksia on ideoitu vapaana ideointina suunnitteluinsinööri Antti Toivasen kanssa. Osa ideoista on mahdollisesti käytännössä toteutuskelvottomia, koska rakennukset ovat vanhoja ja niitä pitäisi modernisoida ja tarkoituksenmukaistaa ennen muutosten toteutuksia. Tällaisetkin toimenpiteet voivat olla toteuttamiskelpoisia, jos HKL ei saa muualta korvaavia tiloja käyttöön.



### 8.2.1 Kiskotuksen uusiminen

Ratkaisuehdotuksena ja vaihtoehtona olisi vetää teliosastolta kiskot sisäpihan läpi raitteille 17 ja 18, jolloin telien kuljettaminen tapahtuisi suoraan sisäpihan läpi. Silloin telit voitaisiin mahdollisesti purkaa suoraan pesu- ja puhalluspaikan vieressä. Tämä vähentäisi hallin poikki liikuteltavan tavaran määrää, jota tulee yhtä telisarjaa kohti 7 EUR-lavallista (Teliosaston työntekijä 6).

Nykymuotoisesti telit siirretään Hämeentien kautta, linjaliikenteen kiskoja pitkin. Telien kuljetus ei toistaiseksi oleellisesti hidasta telien täyskorjausta. Telien siirtäminen teli- ja koriosaston välillä onnistuu pääosin 2 - 3 tunnin aikahaarukassa.

### 8.2.2 Asennuskaivanto koriosastolle

Yhtenä ratkaisumallina on tehdä koriosastolle, esimerkiksi alustatyöraiteelle alustatöitä mahdollistava kaivanto kiskojen väliin, kuten raiteilla 11 - 14, tai isommalle alalle, kuten raiteilla 1 - 10, joka mahdollistaisi samanaikaiset alusta- ja kattotyöt. Tämä lisäisi mahdollisesti joustavuutta siinä, että töitä voitaisiin tehdä sekä raitiovaunun katolla, että alustassa samanaikaisesti, jolloin työt eivät seiso aina toisella puolella vaunua. Nykymuotoisella miehityksellä tällainen ratkaisu ei tuo lisäarvoa, koska töitä ei tehdä koko ajan vaunun ylä- ja alapuolella. Tällä hetkellä vaunun korkeutta voidaan nostaa ja laskea käytännössä tarpeen mukaan.

## 8.3 Valmiiksi saadut muutokset

Tässä osassa esitellään muutoksia, jotka ideoitin työntekijöiden kanssa ja toteutettiin tämän insinööritoimiston puitteissa. Nämä projektit vaikuttivat siihen, että teliosasto lähti laajemmin ideoimaan muita uudistuksia osastolla. Uudistukset voivat vaikuttaa kosmeettisilta, mutta niillä on ollut oleellinen vaikutus teliosaston ilmapiiriin.

### 8.3.1 Hiekkapuhalluskopin uudistaminen

Ajatuksena oli hiekkapuhalluskopin hiekkapuhalluksen kehittäminen. Hiekkapuhaltajan ajatuksena oli, että kopin kattoon saataisiin pyörivä teline. Hiekkapuhalluskoneeseen oli hankittu valmiiksi uusi paineletku. Sähköosastolta ehdotettiin myös, että hiekkaventtiiliin

asennettaisiin LED-indikaattori. Ideoitaessa puhuttiin myös puhalluskoneen kopin oven uusimisesta voimakkaammin ääntä eristävään versioon.

Hiekkapuhalluskopin letku on ollut epämieluisa käyttää, koska iso letku on raskas ja siinä on voimakas rekyyli. Tämän takia kyselyn yhteydessä hiekkapuhaltaja ehdotti hiekkapuhalluskopin kattoon pyörivää telinettä, johon hiekkapuhallusletku voidaan kiinnittää niin, että se kantaa osan kuormasta ja että se ei sotkeudu jalkoihin lattialla. Hän vertasi telinettä sellaiseen, jollaisia löytyy autopesuloista.

Osastolta tiedusteltiin, onko vastaavaa telinettä suunniteltu osastolle aikaisemmin. Osastolla oli ollut mietinnässä vastaava jo aikaisemman mestarin aikana, mutta silloin sille ei oltu annettu lupaa. Kysymys vietiin osaston mestarille sekä opinnäytetyötä ohjaavalle suunnitteluinsinöörille, jotka molemmat näyttivät projektille vihreää valoa (32; 34).

Varsinainen teline suunniteltiin ja sen vaatimat resurssit esiteltiin osaston mestarille. Resursseihin saatiin lupa ja telinettä alettiin toteuttaa. Muutaman viikon kuluessa teline oli rakennettu ja asennettu hiekkapuhalluskopin kattoon.

Telineeseen tehtiin asennuksen jälkeen pieniä parannuksia hiekkapuhaltajan pyynnöstä. Telinettä pidettiin melko onnistuneena, erityisesti suhteessa kustannuksiin (teliosaston työntekijä 2). Siihen suunnitellaan vielä kosmeettisia muutoksia.

Telineen asennuksen yhteydessä hiekkapuhalluskopin letku vaihdettiin ohuempaan. Tämä vähensi letkun rekyyliä, mutta se myös pienensi kerralla käsiteltävää pinta-alaa. Käytännössä tämä siis hidastaa hiekkapuhaltamista, mutta samalla se vähentää työn tapaturmariskiä, joten ratkaisu katsottiin kannattavaksi.

Muita ideoitaessa esitettyjä uudistuksia ei toteutettu tällä kerralla. Kyseinen ideointi on kuitenkin kirjattu tämän opinnäytetyön yhteydessä ja tämä mahdollistaa myöhemmät toimet, kun ne katsotaan ajankohtaisiksi. Tarkoituksena on kuitenkin kehittää tasaisesti koko osaston työoloja.



Kuva 30. Hiekkapuhalluskopin teline viimeisimmässä asussaan.

### 8.3.2 Hydraulikkaosaston modernisointi

Hydraulikkaosastolla oli joulukuussa 2017 heikosti vapaata laskupintaa, puutteelliset tilat piirustuksille ja liikaa pöytätilaa eteisessä. Osaston työntekijä ei ollut tyytyväinen työtilan järjestelyyn eikä ollut saanut lupaa osastonsa uudelleenjärjestelyyn. Tiloihin ja työntekijän näkemyksiin tutustuttiin suunnitteluinsinööri Toivasen kanssa.

Tuloksena oli päätös, että vanha pöytä voidaan siirtää pois työtilasta ja modernimmat pöydät voidaan siirtää varsinaiseen työtilaan. Tällä lisätään laskutilaa työtilassa ja saadaan eteiseen tilaa varastokaapeille, joihin saatiin varaosat.

Tammikuussa 2018 tehtiin uudistus. Eteistilasta siirretyillä uudemmillä pöydillä saatiin tarkoituksenmukaista pöytätilaa, jonka reikälevypintojen päälle voidaan nostaa piirustukset. Samassa yhteydessä osaston eteiseen tuotiin maalausammion vierestä suurempi hyllykkö, johon osaston varaosat saatiin järjestettyä. Hyllykköön tuotiin myöhemmin lisää

hyllyjä, jolla hyllykön kapasiteettia saatiin vielä lisättyä. Osaston työntekijä oli tyytyväinen järjestelyyn ja ilmaisi, että se on parantanut osaston käytettävyyttä (38).

### 8.3.3 Varaston siistiminen

Vallilan varikko palvelee erityisesti MLNRV-vaunuja, sekä tulevaisuudessa Artic-vaunuja, kun niiden osuus kalustosta lisääntyy ja takuuajan päättyessä niiden kunnossapitovastuu siirtyy HKL:lle. Näiden lisäksi varikko palvelee pääosin työvaunuja, joita on kahta eri tyyppiä yhteensä viisi kappaletta.

Vallilan varikolla ja erityisesti sähköosaston ja teliosaston välillä sijaitsevassa välivarastossa on ollut varastoituna runsaasti tavaraa. Osa tavarasta on ollut vanhentunutta, kuten vanhojen vaunusarjojen varaosat, tai tarkoitukseen sopimatonta, kuten sähköosaston valmistamat prototyyppilaitteet, jotka ovat jääneet prototyyppiasteelle (35). Samoin teliosaston puolella on ollut varastoituna esimerkiksi Mannheim-vaunujen laakereita (Teliosaston työntekijä 6).

Teliosaston varastointi ei ole vaikuttanut toimivalta, koska varastoitavat tavarat eivät ole päätyneet hyllyihin (Teliosaston työntekijä 6, haastattelu marraskuu 2018). Tämän takia tammikuussa 2018 osaston työntekijät puristivat varastoja pienempään tilaan, jolloin varastohyllyjä saatiin vapautettua. Osana projektia varastosta siirrettiin vanhentunutta tavaraa kierrätykseen.

Välivarastossa oli runsaasti tavaraa, jotka eivät ole akuutisti käytössä. Sähköosasto selvitteli tavaroita tammikuussa 2018 ja varaston henkilökunta siirsi työn kannalta turhat tavarat pois hyllyistä. Osa tavaroista meni Koskelaan varastoitavaksi ja osa lähti kierrätykseen. Varastotilaa vapautui 15 lavapaikkaa. (36)

## 8.4 Työntekijöiden kanssa yhdessä ideoidut muutokset

Tässä esitellään työntekijöiden omalle osastolleen ideoimia muutosehdotuksia, jotka on tuotu esiin tämän insinööriyön yhteydessä tehdyn haastattelun kautta. Muutosehdotukset koskevat pääosin työntekijöiden omia työpisteitä ja omaa työskentelyä, joten ehdotukset ovat konkreettisia ja usein kustannustehokkaita. Niillä on myös vaikutus johonkin konkreettiseen ongelmaan, jonka työntekijä havaitsee päivittäisessä työskentelyssään.

#### 8.4.1 Vaihto-osatyöpuisteiden modernisointi

Vaihto-osapuisteilla on vanhentuneet kalusteet ja avonaiset hyllyköt, jotka on rakennettu seinän pylväiden väleihin. Osastolla on toteutettu vuonna 2016 LEAN-modernisointi, jonka yhteydessä työpuisteita siirrettiin ja kaapistoja muutettiin niin, että ne toimivat paremmin tarkoituksenmukaisesti. Osaston kalusteet ovat kuitenkin vanhentuneita, eivätkä ne palvele tarkoituksenmukaisesti. Ratkaisuehdotuksena on tehdä umpinaiset kaapistot teliosaston vaihto-osatyöpuisteiden yhteyteen. Tämä lisäisi siisteyttä työpuisteilla.

Toisena ratkaisumallina on lisätä työkaluseinät teliosaston kiinteille työpuisteille. Tällä mahdollistetaan se, että työntekijällä on aktiivisesti esillä työkalut, joita hän tarvitsee kulloinkin käsillä olevassa työvaiheessa ja jokaisella työkalulla on selkeästi oma paikkansa, johon se lasketaan työvaiheen jälkeen. Työntekijät haluavat työkalut kuitenkin lukkojen taakse, koska he kuittaavat ne varastosta omalle nimelleen.



Kuva 31. Vaihto-osien työpuiste maalausammion vieressä, työpuisteella käsitellään muun muassa kiskojaruja.



#### 8.4.2 Selkeät korjausohjeet sähköosastolle

Sähköosaston työntekijät antoivat palautetta siitä, että osastolla ei ole saatavilla selkeitä korjausohjeita osastolla vaihto-osina korjattaville laitteille. Kyseessä on selkeä puute, jos laitteiden korjaaminen ”yrityksen ja erehdyksen kautta” johtaa laitteiden rikkoutumiseen korjauskelvottomiksi. Jos korjausohjeet ovat jo olemassa ja päivitettyjä, ne pitää saada työntekijöiden nähtäville niin, että he voivat tarvittaessa tarkistaa toimintaa niiden pohjalta. (29)

#### 8.4.3 Säädettyvät nosturit telien kokoonpanoon

Telien kokoonpanossa käytetään tällä hetkellä kiinteitä nostopukkeja, joiden varaan teli-runko nostetaan varusteltavaksi. Haastattellessani telien kokoonpanon työntekijää hän ehdotti, että telien kokoonpanoon olisi hyvä saada käyttöön säädettyjä nostureita (Teliosaston työntekijä 3). Ilmeisesti tätä on ehdotettu jo aikaisemmin, koska tätä varten on jo budjetoitu rahaa (34).

Säädettyvä nosturi kiinteiden pukien sijaan eliminoi turhia kyykistymisiä ja kuormittavia työasentoja. Työn tekeminen ei kärsi ja työturvallisuuden voi odottaa paranevan, kun työntekijän voi työskennellä hyvässä asennossa. (Teliosaston työntekijä 3) Työn sujuminen ei välttämättä jouduta kokonaisprosessia, mutta se poistaa ainakin selkeän ja merkittävän työn haitan.

#### 8.4.4 Tarpeelliset ajoluvat ja –pätevyydet asentajille

Haastatteluissa kävi ilmi, että valtaosalla teliosaston asentajista ei ole raitiovaunun ajolupia raitiovaunujen siirtoajoihin. Saman työntekijän mukaan kokoonpanotyö keskeytyy tarpeettoman usein vaunujen siirtelytyöhön. (Teliosaston työntekijä 3) Esimerkiksi kaupallisessa korjaamossa asentajilla edellytetään olevan lähtökohtaisesti ajoluvat korjattavien ajoneuvojen siirtelyyn, jolloin työntekijän ei tarvitse odotella muuta henkilöä siirtämään ajoneuvoa.

Kaikilla asentajilla pitäisi olla riittävät ajoluvat ja pätevyudet raitiovaunujen siirtelyyn ainakin hallissa ja hallipihalla niin, että kenenkään ei tarvitsisi keskeyttää työntekoaan siksi, että vaunu on tiellä. On syytä selvittää, keneltä ajolupa puuttuu, ja tämän jälkeen kouluttaa kyseiset henkilöt, jos siihen on tarvetta ja edellytyksiä.

Suunnitelman mahdollisia heikkouksia on kouluttaminen ja koulutuksen ylläpito sekä mahdollinen työntekijöiden vastahakoisuus raitiovaunujen ajamista kohtaan. Lisäksi ainakin liikenteen puolella raitiovaunun ajolupa vanhenee, jos henkilö ei ole ajanut vaunua 6 kk aikana, joten työntekijöiden pitää myös käyttää ajolupaansa.

## 8.5 Muita kehitysideoita

Seuraavassa esitetään insinöörityön tekijän näkemyksiä toiminnan kehittämiseksi sen pohjalta, mitä palautetta eri osastoilta on saatu. Osaltaan ehdotukset pohjautuvat sille palautteelle, jota tämän työn tekemisen yhteydessä ja erityisesti haastattelujen kautta on saatu. Tämä lisää ehdotusten mielekkyyttä, koska tällöin ehdotukset liittyvät suoraan tehtävään työhön ja auttavat kehittämään sitä.

### 8.5.1 Työn rytmittäminen

Osallistuvan havainnoinnin kautta on huomattu, että täyskorjaukset rytmittyvät Vallilan varikolla kausittain. Välillä töihin hukutaan ja välillä työaikaa täytyy kuluttaa. Kausittaisen rytmittämisen etuna on ollut se, että kaikelle muulle työlle on runsaasti aikaa, kun täyskorjausvaunuja ei ole työjonossa ja työntekijät voivat pitää lomiaan tässä vaiheessa. Vaihto-osien varastot käytetään sitten loppuun, kun täyskorjauksia tehdään suurempia määriä kerrallaan.

Kausittaisen rytmittämisen ilmeisenä haittana on työntekijöiden suurempi tarve, kun täyskorjauksia tehdään ja pienempi tarve, kun täyskorjauksia ei ole tehtävänä. Tällöin pienemmän tarpeen aikana on selkeää ylikapasiteettia, jos työvoiman määrä on mitoitettu suurimman työvoiman tarpeen mukaan. Jos työvoiman määrä on mitoitettu pienemmän tarpeen mukaan, suurimman tarpeen kohdalla työt viivästyvät.

Työn rytmittäminen vaatii vaunujen suunnitelmallisempaa ajattamista, jolla ohjataan vaunun huoltotarvetta ja vaikutetaan suoraan siihen, milloin vaunu päätyy täyskorjattavaksi. Tällaisen ajattamisen muut vaikutukset pitää laskea ja tarkastaa niin, ettei korjaavalla toimenpiteellä aiheuteta hyötyjä suurempaa haittaa.

### 8.5.2 Winbus-järjestelmän kirjautuminen

Teli- ja sähköosaston työntekijöiden puolelta tulleen palautteen valossa täytyy ehdottaa, että Winbus-järjestelmään rakennetaan samankaltainen kirjautuminen asentajille, kuin raitiovaunun kuljettajilla on työaikailmoitusten kanssa. Tätä kautta työntekijä voisi tehdä hakuja ja muokkauksia vain omalla nimellään. Uskon, että tämä lisäisi luottamusta järjestelmään ja helpottaisi sen yksilöimistä, jos järjestelmään tulee huonoa tai epäasiallista dataa.

Kuljettajapuolella kirjautuminen on rakennettu kahden vaihtoehdon varaan. Kuljettaja voi kirjautua järjestelmään joko henkilönumeron ja salasanan yhdistelmällä tai henkilökoh-  
taisella kulkutunnisteella. Molemmat tavat mahdollistavat käyttäjän yksilöimisen.

Järjestelmän on syytä ilmoittaa, kuka järjestelmään on kirjautuneena. Syytä on myös kirjata käyttäjä ulos, kun kone on ollut riittävän kauan käyttämättömänä, vaikka käyttäjä ei ole kirjannut itseään ulos. Lisävahvistusta (salasanan muodossa tai kulkutunnistetta lukijassa käyttämällä) voisi käyttää, kun käyttäjä haluaa muokata keskeisiä tietoja tai lisätä esimerkiksi laitteita järjestelmään.

### 8.5.3 Nosturien käyttökoulutus erityisesti koriosastolle

Vallilan varikolla koriosastolla raiteilla 16 - 18 käytetään siirrettäviä pylväsnostureita, jotka linkitetään toisiinsa kolmenlaisilla kaapeleilla. Nosturien käyttö ja raitiovaunujen nostaminen riippuvat siitä, että asentajat osaavat kytkeä nosturit yhteen niin, että ne toimivat synkronoidusti. Huomasin työharjoitteluni aikana, että ainakin kerran työt keskeytyivät, koska nostureita ei osattu kytkeä oikein.

Kyseisille nostureille pitäisi saada riittävän selkeä ohjeistus, jolla turvataan nostureiden käyttö, vaikka niiden käytön avainhenkilöt olisivat pois töistä. Toisena vaihtoehtona on järjestää riittävä käytännöllinen koulutus käytettäviin nostureihin. Tämä on nähdäkseni yksi pullonkaula, joka on ratkaistavissa yksinkertaisesti.

### 8.5.4 Varastojen inventointi ja varastoinnin tehostaminen

Vallilan varikon varastointi on periaatteessa neliportainen. On olemassa varsinainen varasto, jolla on oma henkilökuntansa ja jonka kautta tavarat tilataan varikolle ja toimitetaan

varikolla. Tämän lisäksi on välivarasto sekä osastojen sisäiset varastot. Osalla työpisteistä on varastoituna pieniä määriä päivittäisen toiminnan tarvikkeita. Näiden lisäksi varikolla on niin sanotut pitkä ja lyhyt varasto, joissa on lähinnä antiikkista tavaraa.

Varastoinnin filosofia näyttää olleen pitkälti seuraavanlainen: ”Jos tätä tavaraa ei ole tarvittu kymmeneen vuoteen, niin sitä tarvitaan varmaan ihan kohta.” Tällainen filosofia ei edistä tehokasta varastointia, jossa vanhentuneet tavarat siirretään kierrätykseen ja varastoissa pyritään pitämään vain sellaisia tavaroita, joita tarvitaan kausiluonteisesti.

Tavarat on varastoitu välivarastoon ja osastojen varastoihin pääosin EUR-mittaisilla lavoilla ja pieneltä osin myös FIN-mittaisilla lavoilla. Hyllyt on mitoitettu FIN-mittaisia lavoja varten, jotka ovat 25 % suurempia kuin EUR-mittaiset lavat. Hyllyjen täysi kapasiteetti saadaan käyttöön, jos EUR-mittaiset lavat saadaan pois hyllyistä. Tällä saadaan varaston hukkaan jäävä tila käyttöön.

Sähköosaston varastossa on heikko tavarankierto ja varastointia on syytä tehostaa. Varastossa on erinäisiä prototyyppisiä ja muita laitteita, joita ei tarvita päivittäisessä käytössä (32). Tällaiset tavarat on syytä varastoida muualle, jos varastoon tarvitaan tilaa päivittäisille tavaroille.

Varastoon on tehty useina vuosina useita tarkistuksia, joilla on pyritty saamaan varastosta pois tavaraa, jolle ei ole käyttöä. Käytännössä tapaan varastoida ei ole saatu muu-  
tosta, mutta varastosta on saatu siivottua pois vanhempia tavaroita. Tätä kautta varastoon on saatu lisää tilaa, vaikka tavarankierräntymisen tahtia ei ole saatu helpotettua.

Varastoinnin kehittäminen Vallilassa on välttämätöntä, koska huonon varastoinnin seurauksena varikolla on liikaa tavaraa, joka jää joissakin tapauksissa lojumaan lattioille. Tämä huonontaa työturvallisuutta, eikä se paranna työn tuottavuutta tai tehokkuutta.

Luonnollisesti varikolla on tietty määrä tavaraa, jotka eivät voi olla eri hyllyissä, kuten korjattavat vaihto-osat. Kuitenkin yleisesti tavaroille on löydettävä varastopaikka. Varastoinnissa pitää olla myös selkeä linjaus siitä, millä perusteella tavaroita romutetaan tai minkälaisia määriä mitään tavaraa on mielekästä varastoida.

## 9 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää teli- ja sähköosaston toimintaa täyskorjauksissa. Tarkoitus on ollut saada selkeä kuva siitä, minkälaiset tekijät vaikuttavat prosessiin ja miten. Tätä kautta on saatu esille myös pullonkauloja, jotka hidastavat täyskorjauksia, tai vaativat enemmän resursseja.

Täyskorjaukset ovat sinänsä hyvin valmis ja selkeä paketti, jota räätälöidään kulloisenkin vaunun kohdalle tarpeen mukaan. Tämä mahdollistaa vaunujen liikennekelpoisuuden ylläpidon kestäväällä ja mielekkäällä tavalla. Täyskorjaus on prosessina pitkä, mutta samalla tarpeenmukainen.

Tämän insinööriyön valossa suurin kehityksen tarve on työn rytmittämisessä raitiovau-  
nujen suunnitelmallisen ajattamisen kautta tasaisemmaksi niin, että täyskorjauksia tulee  
jonoon säännöllisin väliajoin. Kehitystarvetta on myös vanhahtavassa kiinteistössä ja vä-  
lineissä, joista jälkimmäisiä on syytä päivittää säännöllisesti jo työturvallisuuden takia.  
Myös varastoinnissa on kehitettävää, erityisesti siinä, milloin tavara on aika heittää pois.

Tätä insinööriyötä varten tehtyjen haastattelujen perusteella ei ole tarpeen tehdä sellai-  
sia muutoksia, joissa muutetaan kiskoja hallin sisäpihalla, tai kaivetaan asennuskaivanto  
koriosastolle. Teli- ja koriosastojen lattioiden tukeminen taas on ymmärtääkseni välttä-  
mätöntä turvallisen työnteon turvaamiseksi. Työntekijöiden kanssa ideoituja työpistekoh-  
taisia muutoksia on hyvä toteuttaa, koska ne ovat sinänsä edullisia ja osoittavat että  
työntekijöitä kuunnellaan.

Muut kehitysehdotukset perustuvat myös työntekijöiltä saatuun palautteeseen. Ilmeisesti  
Winbus-kirjautuminen ei ole sinänsä välttämätön, koska nykyisellään järjestelmä toimii,  
mutta se selkeyttäisi toimintaa. Lisäksi ohjelman muuttamisen kustannukset voivat olla  
suhteettoman korkeat. Uudistukset, jotka vaativat koulutuksia ja perehdytyksiä (ajoluvat  
ja perehdytykset nosturien käyttöön) on syytä toteuttaa.

Noudattamalla suosittelimiani uudistuksia näyttää siltä, että työntekijöiden työtaakka ja-  
kautuu paremmin. Jos tämä ei heijastu työntekijöiden tuottavuuden kasvuna suoranai-  
sesti on huomioitava, että se kuitenkin vähentää työntekijöiden poissaoloja, jolla on it-  
sessään suotuisa vaikutus tuotantoon.



Luonnollisesti MLNRV-vaunujen täyskorjausten prosessien kehittäminen jatkuu niin kauan, kun täyskorjauksia tehdään. Tämän jälkeen vastaavien korjausprosessien kehittäminen jatkuu seuraavien kalustotyyppien kanssa.

Täyskorjaukset ylläpitävät raitiovaunukalustoa kustannustehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti, koska täyskorjauksen hinnalla saadaan liikenteeseen uudenveroinen vastaava raitiovaunu, joka palvelee jälleen laskennalliset 500 000 km.

## Lähteet

- 1 HKL:n historiaa. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<<https://www.hel.fi/hkl/fi/tama-on-hkl/hkl-n-historiaa/>>. Luettu 20.4.2018.
- 2 Raitiovaunukalusto. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<<https://www.hel.fi/hkl/fi/raitiovaunulla/kalusto/>>. Luettu 9.2.2018.
- 3 Ruokolainen, Terhi. 2018. Projekti-insinööri, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelut 2017-2018.
- 4 HKL Toimintakertomus 2017. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki. <<http://www.e-julkaisu.fi/hkl/vuosikertomus-2017/>>. Luettu 19.4.2018.
- 5 Esteettömyys HKL. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<<https://www.hel.fi/hkl/fi/tama-on-hkl/esteettomyys-ja-ymparisto/esteettomyys>>.  
Luettu 12.2.2018.
- 6 Esteettömyys HSL. Verkkoaineisto. Helsingin Seudun Liikenne -kuntayhtymä.  
<<https://www.hsl.fi/ohjeita-ja-tietoja/nain-kaytat-joukkoliikennetta/esteettomyys>>.  
Luettu 12.3.2018.
- 7 Hänninen, Teuvo. 2018. Koriosaston mestari, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelut 2017-2018.
- 8 Louhula, Kim. 2018. Tuotantoinsinööri, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelut 6.4. ja 23.4. 2018.
- 9 Korjaamo-ohjekirja Nivelraitiovaunu NRV (HKL 31-70). Strömberg 1972.
- 10 Korjaamo-ohjekirja Nivelraitiovaunu NRV (HKL 31-70). Valmet 1972.
- 11 Korjaamo-ohjekirja Nivelraitiovaunu NRV (HKL 31-70). Sisu-auto, 1972.
- 12 Kalustosuunnitelma 2017-2037. 2018. Liikelaituksen sisäinen dokumentti. Helsingin Kaupungin Liikennelaitos, HKL Kalustopalvelut Versio 1.0.
- 13 Organisaatio. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki. <<https://www.hel.fi/hkl/fi/tama-on-hkl/organisaatio/>>. Luettu 8.2.2018.
- 14 HKL Toimintakertomus 2011. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<[https://www.hel.fi/static/hkl/toimintakertomus/toimintakertomus\\_2011.pdf](https://www.hel.fi/static/hkl/toimintakertomus/toimintakertomus_2011.pdf)>. Luettu 1.2.2018.

- 15 HKL Toimintakertomus 2012. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<[https://www.hel.fi/static/hkl/toimintakertomus/toimintakertomus\\_2012.pdf](https://www.hel.fi/static/hkl/toimintakertomus/toimintakertomus_2012.pdf)>. Luettu 1.2.2018.
- 16 HKL Toimintakertomus 2013. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<[https://www.hel.fi/static/hkl/toimintakertomus/toimintakertomus\\_2013.pdf](https://www.hel.fi/static/hkl/toimintakertomus/toimintakertomus_2013.pdf)>. Luettu 1.2.2018.
- 17 HKL Toimintakertomus 2014. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki. <[http://www.e-julkaisu.fi/hkl/toimintakertomus\\_2014/pdf/FIN\\_HKL\\_2014web.pdf](http://www.e-julkaisu.fi/hkl/toimintakertomus_2014/pdf/FIN_HKL_2014web.pdf)>. Luettu 1.2.2018.
- 18 HKL Toimintakertomus 2015. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki. <[http://www.e-julkaisu.fi/hkl/toimintakertomus\\_2015/](http://www.e-julkaisu.fi/hkl/toimintakertomus_2015/)>. Luettu 1.2.2018.
- 19 HKL Toimintakertomus 2016. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki. <[http://www.e-julkaisu.fi/hkl/toimintakertomus\\_2016/](http://www.e-julkaisu.fi/hkl/toimintakertomus_2016/)>. Luettu 1.2.2018.
- 20 "VA korjaamo –henkilöt ja tehtävät 170504.xlsx" 2017. Sisäinen dokumentti, HKL Kunnossapito.
- 21 Juhas, Perttu. 2018. Kaluston kunnossapitopäällikkö, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelu 20.4.2018.
- 22 MLNRV I Helsingin Kaupunki. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<<https://www.hel.fi/hkl/fi/Raitiovaunulla/kalusto/mlnr1>>. Luettu 6.4.2018.
- 23 MLNRV II Helsingin Kaupunki. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<<https://www.hel.fi/hkl/fi/Raitiovaunulla/kalusto/mlnr2>>. Luettu 6.4.2018.
- 24 MLRV Helsingin kaupunki. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<<https://www.hel.fi/hkl/fi/Raitiovaunulla/kalusto/mlrv>>. Luettu 6.4.2018.
- 25 History of Bombardier <<https://www.bombardier.com/en/about-us/history.html?docID=0901260d8001dffa>>. Luettu 6.4.2018.
- 26 MLNRV III Helsingin kaupunki. Verkkoaineisto. Helsingin Kaupunki.  
<<https://www.hel.fi/hkl/fi/Raitiovaunulla/kalusto/mlnr3>>. Luettu 6.4.2018.
- 27 Teliosaston Työntekijä 1-10. 2018. Työntekijä, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelut 2017-2018.
- 28 Koriosaston Työntekijä 1, 2 ja 3. 2018. Työntekijä, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelut 2017-2018.

- 29 Sähköosaston Työntekijä 1, 2, 3 ja 4. 2018. Työntekijä, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelut 2017-2018.
- 30 Puusniekka, Anna & Saaranen-Kauppinen, Anita. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietovarasto [ylläpitäjä ja tuottaja]. <[http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_3\\_3.html](http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html)>. Luettu 27.4.2018.
- 31 Lintula, Risto. 2017. Vallilan TK korjauksen analysointia\_ 16.1.2017 PowerPointesitys NPI Oy.
- 32 Pentikäinen, Mika. 2018. Teliosaston mestari, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelut 2017-2018.
- 33 Nylund, Sampsa. 2017. Sähköosaston Raportti. Liikelaitoksen sisäinen raportti.
- 34 Kervinen, Toni. 2018. Suunnitteluinsinööri, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelu 12.1.2018.
- 35 Rinne, Timo. 2018. Sähköosaston mestari, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelut 2017-2018.
- 36 Varaston työntekijä. 2018. Työntekijä, HKL Kunnossapito, Helsinki. Keskustelu, helmikuu 2018.

**Liite 1, Haastattelu teliosaston työntekijöille**

| Numeerinen arviointi                                      | Heikko |   | Tyydyttävä |   | Hyvä |
|---|--------|---|------------|---|------|
| Arvosana  | 1      | 2 | 3          | 4 | 5    |
|   |        |   |            |   |      |
| 1) Onko työ järjestetty mielekkäästi                      |        |   |            |   |      |
|   |        |   |            |   |      |
| 2) Onko työ ryhmitelty tekemisen kan-<br>nalta järkevästi |        |   |            |   |      |
|   |        |   |            |   |      |
| 3) Onko työ järjestetty selkeästi                         |        |   |            |   |      |
|   |        |   |            |   |      |
| 4) Koetko työtehtäväsi toimivaksi osaksi<br>kokonaisuutta |        |   |            |   |      |
|   |        |   |            |   |      |
| 5) Tukevatko työtilat työn tekemistä työ-<br>pisteelläni  |        |   |            |   |      |
| a) Montturaide (R 6-10)                                   |        |   |            |   |      |
| b) Telihalli (R 11-14)                                    |        |   |            |   |      |
| c) Vaihto-osien työpisteet                                |        |   |            |   |      |
| d) Hitsaus  |        |   |            |   |      |
| e) Sorvi (akseli ja kiskopyörät)                          |        |   |            |   |      |
| f) Maalaus (Telihallissa)                                 |        |   |            |   |      |
| g) Puhallus   |        |   |            |   |      |
| h) Pesupaikka   |        |   |            |   |      |
| i) Koneistus (Mestarin kopin vieressä)                    |        |   |            |   |      |
|   |        |   |            |   |      |
| 6) Tukeeko työnjohto osaamistasi työssäsi                 |        |   |            |   |      |
|   |        |   |            |   |      |
| 7) Tukeeko työnjohto työssäjaksamista                     |        |   |            |   |      |
|   |        |   |            |   |      |
| 8) Koetko saavasi riittävää työnohjausta                  |        |   |            |   |      |
|   |        |   |            |   |      |
| 9) Tukeeko työyhteisö työn tekemistä                      |        |   |            |   |      |



Seuraavissa voit antaa oman sanallisen arviosi työpaikan toimivuudesta.

Arvioi oman työtehtäväsi toimivuutta

Arvioi työtilojen toimivuutta työn tekemisen kannalta

Onko työnteossa jokin typerä ongelma, joka olisi helposti ratkaistavissa?

Millainen kehitysidea sinulla on työssä esiintyvään ongelmaan?

Miten kehitysidea ratkaisee ongelman, tai auttaa kiertämään sen?

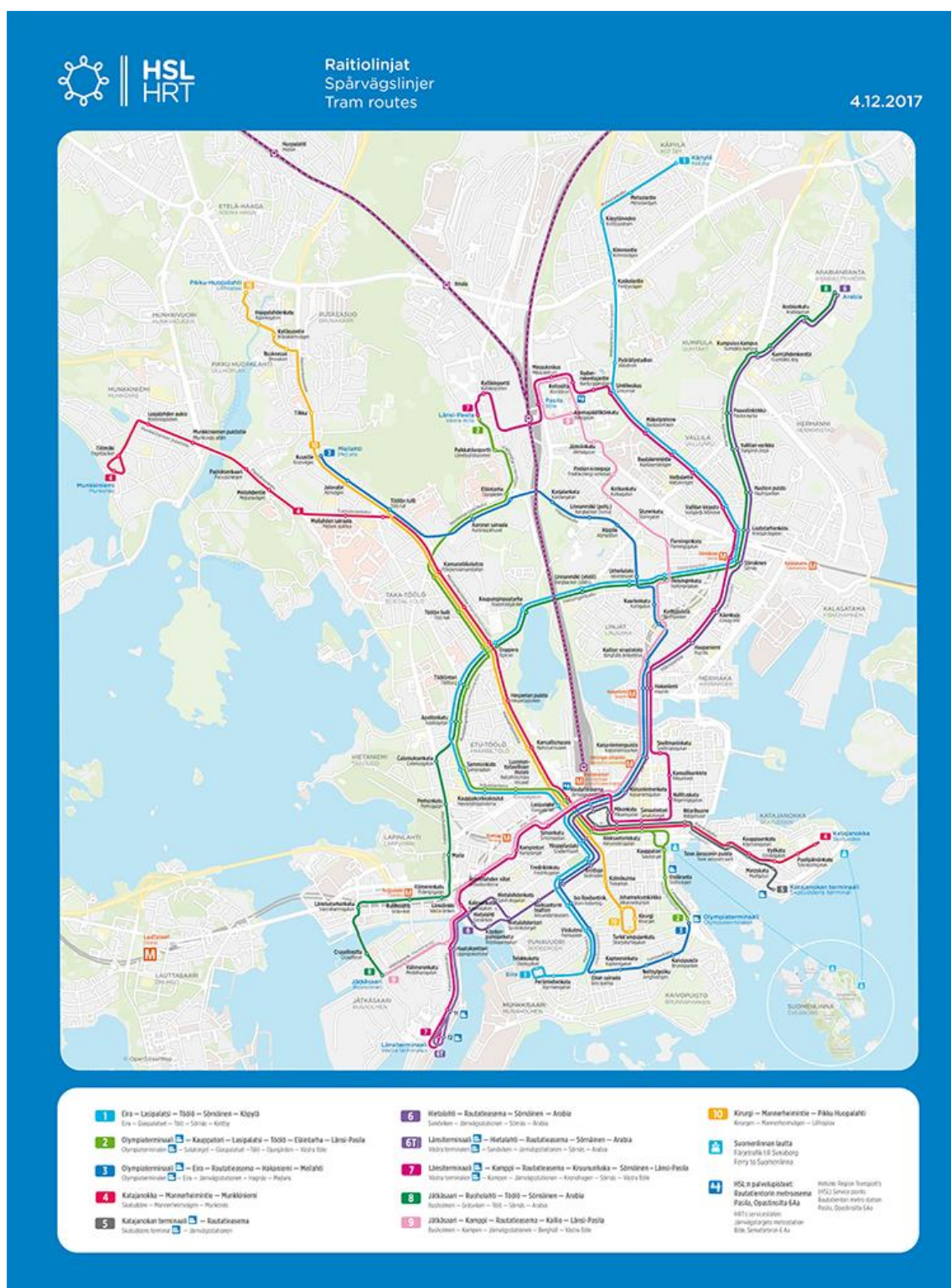
Telin purku ja kokoonpano

Pesu-puhallus-maalaus

Työnjohdolliset ongelmat

Työhyvinvointi ja sen kehittäminen

## Liite 2, Raitioliikenteen linjakartta



Kuva 32. Raitioliikennekartta <https://www.hsl.fi/uudet-raitiolinjat-2017/uudet-linjat-ja-kartat>

